

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Unifikace napětí DS na hladinu 22 kV v lokalitě Ostrava – Poruba

***Voltage unification of distribution system on level 22 kV in location
Ostrava - Poruba***

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Chovanec**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: Unifikace napětí DS na hladinu 22 kV v lokalitě Ostrava – Poruba
Voltage Unification of Distribution System on Level 22 kV in Location
Ostrava - Poruba

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor elektrických sítí 110 kV a VN
2. Analýza stávajícího stavu sítě VN v lokalitě Ostrava – Poruba
3. Výpočtový SW Daisy Bizon
4. Návrh přechodu na hladinu 22 kV včetně zapojení nové TR 110/22 kV Poruba do sítě VN
5. Výpočet chodu původní a nově navržené sítě VN (návrh provozního zapojení, výpočet napěťových a proudových poměrů, výpočet ztrát)
6. Technicko-ekonomické vyhodnocení navržené unifikace napětí na hladinu 22 kV

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Hradílek Z. : Elektroenergetika, skripta VŠB Ostrava 1992
2. Santarius P. : Elektrické stanice a vedení, skripta VŠB Ostrava 1990
3. Dokumentace ČEZ Distribuce, a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

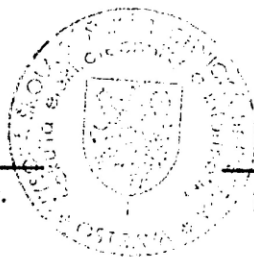
Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.**


Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

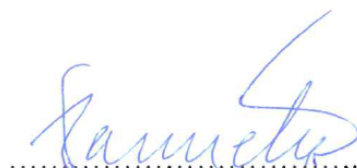
V Kopřivnici dne 3. května 2013


.....

Bc. Tomáš Chovanec

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava. Všechny údaje poskytnuté společností ČEZ Distribuce a.s. byly poskytnuty pouze pro potřeby této diplomové práce a nesmí být použity třetími osobami. Data modelu sítě v programu Daisy Bizon projektant nesmí být zveřejněny, mohou být pouze uloženy u vedoucího diplomové práce.


.....

V Ostravě dne 6. května 2013
ČEZ Distribuce a.s.

Ing. Miroslav Vavrečka,

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu prof. Stanislavu Ruskovi, za cenné rady při konzultacích diplomové práce, panu ing. Miroslavu Vavrečkovi ze společnosti ČEZ Distribuce, a.s. za vstřícnost při poskytování podkladů a zodpovězení řady dotazů při zpracovávání práce a panu ing. Vítu Houdkovi za pomoc s použitím programu Daisy Bizon projektant.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou unifikace distribuční soustavy v Ostravě Porubě na hladinu napětí 22kV. Teoretická část práce obsahuje stručný popis iteračních výpočetních metod, používaných při numerickém řešení elektrických sítí. Následuje popis programu Daisy Bizon projektant, který umožňuje vytvářet výpočetní modely elektrických sítí a následně snadně počítat velikosti elektrických veličin při různých konfiguracích sítě. V praktické části práce je popsán současný stav distribuční sítě v Ostravě Porubě. Jsou zde uvedeny důvody, proč je tento stav neudržitelný a proč je zapotřebí provést rekonstrukci sítě a unifikaci hladiny napětí. Dále je popsán model této sítě v programu Bizon projektant a výpočty proudových, napěťových poměrů a ztrát při současném stavu. Následuje popis postupu rekonstrukce sítě, návrh pořadí výměny jednotlivých částí a ověření, zda jsou dočasné provozní stavy vyhovující z hlediska proudového zatížení a úbytku napětí. V závěru práce jsou uvedeny přibližné investiční náklady a zhodnocení přínosů rekonstrukce.

Klíčová slova

Unifikace, rekonstrukce sítě, distribuční soustava, vysoké napětí, kabelové vedení, rozvodna VN, Daisy Bizon projektant

Abstract

This diploma thesis is focused on voltage unification of distribution system on level 22kV in Ostrava Poruba. Theoretical part of thesis contains brief description of electrical system calculation methods used for numerical solving of circuit equations. Hereafter there is description of program Daisy Bizon projektant, which is used for creating mathematical models of electrical systems and then use the model for easily calculate electrical quantities within variable system configurations. In practical part, there is described current state of distribution system with list of reasons, why is current state untenable and why is convenient to make a reconstruction of system and its unification on voltage level 22kV. Hereafter is described model of distribution system in program Bizon projektant. This model is used for calculation of current consumption, voltage levels and losses. Based on this model, there is proposal of system reconstruction procedure. Model is used for verifying, if allowed voltage drop or current consumption is not exceeded. Finally, there is estimation of investment costs and summarize of system reconstruction benefits.

Keywords

Unification, reconstruction of distribution system, distribution system, high voltage, cable line, HV substation, Daisy Bizon projektant

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD.....	9
2 TEORETICKÝ ROZBOR ELEKTRICKÝCH SÍTÍ VN A VVN [1]	10
2.1 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VN A VVN	10
2.1.1 Dělení sítí podle typu vodičů	10
2.1.2 Dělení distribučních sítí podle napěťové hladiny	10
2.1.3 Dělení sítí podle topologie	11
Sítě paprskové	11
Sítě okružní	12
Sítě zauzlené, mřížové	12
2.2 Metody výpočtu ustáleného stavu elektrické sítě.....	14
2.2.1 Výpočet ustáleného chodu Gauss-Seidlovou iterační metodou	15
2.2.2 Výpočet ustáleného chodu Newtonovou-Raphsonovou modifikovanou iterační metodou	18
3 PROGRAM DAISY BIZON PROJEKTANT [4]	21
3.1 Základní prvky modelu elektrické sítě v programu Daisy Bizon	22
3.1.1 Uzly	22
3.1.2 Větve	22
3.1.3 Kmenové linky	23
3.2 Kvalita hodnot	23
3.3 Typové tabulky	24
4 DISTRIBUČNÍ SÍŤ V LOKALITĚ OSTRAVA PORUBA.....	25
4.1 Přenášené výkony rozvoden VN.....	25
4.1.1 Rozvodna Martinov	25
4.1.2 Rozvodna Poruba A	26
4.1.3 Rozvodna Poruba B	26
4.2 Rozvodna Nová Poruba	27

4.3	Zhodnocení současného stavu a návrh budoucího rozvoje.....	28
5	MODEL SÍTĚ V PROGRAMU DAISY BIZON.....	29
5.1	Prvky modelu.....	29
5.2	Možnosti modelu.....	31
6	NÁVRH REKONSTRUKCE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY	32
6.1	Návrh postupu rekonstrukce v Ostravě Porubě.....	33
6.1.1	Výměna kabelů v oblasti rozvodny Poruba B – 5. Obvod.....	33
6.1.2	Výměna kabelů v oblasti Poruba B – 4. Obvod.....	41
6.1.3	Přechod na 22kV – rekonstrukce rozvodny Poruba B	46
6.1.4	Výměna kabelů v oblasti Martinov– 6. Obvod.....	47
6.1.5	Výměna kabelů v oblasti Martinov– 7. Obvod.....	49
6.1.6	Výměna kabelů v oblasti Martinov– 8. Obvod.....	53
6.1.7	Přechod na 22kV – rekonstrukce rozvodny Martinov	57
7	URČENÍ NÁKLADŮ NA REKONSTRUKCI.....	58
7.1	Poruba B.....	58
7.2	Martinov.....	60
8	SROVNÁNÍ POMĚRŮ V SÍTI PŘED A PO REKONSTRUKCI.....	61
8.1	Srovnání proudového zatížení vývodů.....	61
8.2	Srovnání ztrát ve vedení a v transformátorech	62
8.3	Srovnání úbytků napětí.....	63
8.4	Shrnutí srovnání parametrů.....	63
8.5	Technicko-ekonomické vyhodnocení	65
9	ZÁVĚR	66
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	67

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

NN	Nízké napětí
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
DTS	Distribuční transformátorová stanice
I_{dov}	Dovolený proud kabelem
I_z	Proud protékající kabelem / přípojnici
U	Jmenovité napětí
S	Průřez vodiče
$I_{10\text{KV}}$	Proud při jmenovitém napětí sítě 10kV
$I_{22\text{KV}}$	Proud při jmenovitém napětí sítě 22kV
$P_{Z10\text{KV}}$	Činné ztráty ve vedení při jmenovitém napětí sítě 10kV
$P_{Z22\text{KV}}$	Činné ztráty ve vedení při jmenovitém napětí sítě 22kV
$P_{ZT10\text{KV}}$	Činné ztráty v transformátoru při jmenovitém napětí sítě 10kV
$P_{ZT22\text{KV}}$	Činné ztráty v transformátoru při jmenovitém napětí sítě 22kV
$P_{C10\text{KV}}$	Celkové činné ztráty v síti při jmenovitém napětí sítě 10kV
$P_{C22\text{KV}}$	Celkové činné ztráty v síti při jmenovitém napětí sítě 22kV
$U_{10\text{KV}}$	Napětí v DTS při jmenovitém napětí sítě 10kV
$\Delta U_{\text{rel}10\text{KV}}$	Relativní úbytek napětí v dané DTS při jmenovitém napětí sítě 10kV
$U_{22\text{KV}}$	Napětí v DTS při jmenovitém napětí sítě 22kV
$\Delta U_{\text{rel}22\text{KV}}$	Relativní úbytek napětí v dané DTS při jmenovitém napětí sítě 22kV

1 ÚVOD

Úkolem distribuční sítě je přenést elektrickou energii do blízkosti místa spotřeby. Distribuční síť přejímá elektrickou energii z přenosové soustavy VVN a po transformaci na VN ji přivádí ke koncovým odběratelům. Z důvodu historického vývoje jsou distribuční soustavy provozovány na různých napětích, nejčastěji 6, 10, 22 a 35kV. V lokalitě Ostrava Poruba je historicky starší část distribuční sítě provozována na hladině 10kV (část rozvodny Poruba B a rozvodna Martinov) a část, která byla původně provozována na 6kV je nyní zrekonstruována na 22kV (část rozvodny Poruba B a nově vybudovaná rozvodna Nová Poruba). V diplomové práci popisuji současný stav této sítě a uvádím důvody pro další rekonstrukci sítě a unifikaci na hladinu 22kV. Dále jsem vytvořil model sítě v programu Daisy Bizon, který mi umožnil snadno provádět výpočty proudových a napěťových poměrů a ztrát v síti při různých změnách provozního zapojení sítě během rekonstrukce. Poté jsem navrhnul postup výměny stávajících prvků sítě se jmenovitým napětím 10kV za nové s napětím 22kV. Pomocí výpočetního modelu sítě jsem ověřil, zda nedojde během žádné fáze k překročení proudového zatížení nebo úbytku napětí. Pro cílový stav, tedy stav kdy celá síť bude unifikována na 22kV, jsem vypočítal ztráty v síti a porovnal je s původním stavem. Dále jsem uvedl přibližné investiční náklady celé rekonstrukce a zhodnotil její přínos.

2 TEORETICKÝ ROZBOR ELEKTRICKÝCH SÍTÍ VN A VVN [1]

2.1 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VN A VVN

Distribuční soustava elektrické energie navazuje na soustavu přenosovou. Zajišťuje rozvod energie ke koncovým odběratelům s výjimkou velkých průmyslových parků, které mohou v některých případech odebírat energii přímo z přenosové soustavy. V současné době v je v ČR distribuční soustava provozována na napěťových hladinách VVN (110kV) a VN (převážně 6,10 a 22kV). Trendem je sjednocení starších soustav 6 a 10kV na 22kV.

2.1.1 Dělení sítí podle typu vodičů

- Kabelová síť uložená v zemi – použita v nové zástavbě a ve větších městech.
- Venkovní vedení s AlFe lany – obvyklé v oblastech s nižší hustotou zástavby
- Smíšená síť – obsahuje oba výše zmíněné typy vedení

2.1.2 Dělení distribučních sítí podle napěťové hladiny

- Sítě s napětím 110kV se využívají pro přenos velkých výkonů na větší vzdálenosti nebo k zásobování velkoodběratelů (velkých průmyslových podniků).
- Sítě s napětím 22kV se využívají k rozvodu elektrické energie do center spotřeby jako jsou obce, města atd., a k zásobování průmyslových podniků.
- Sítě s napětím 400/230V se využívají k rozvodu elektrické energie jednotlivým maloodběratelům.

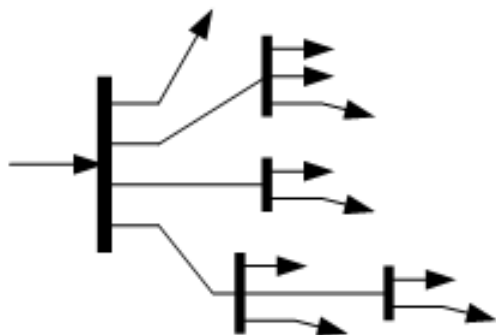
2.1.3 Dělení sítí podle topologie

Podle geometrického uspořádání sítě a vzájemného propojení jednotlivých větví rozlišujeme několik topologií distribučních sítí. Liší se vzájemně zejména spolehlivostí dodávky, výší provozních ztrát a zkratového výkonu.

1. Paprskové síť
2. Okružní síť
3. Zauzlené, mřížové síť

Sítě paprskové

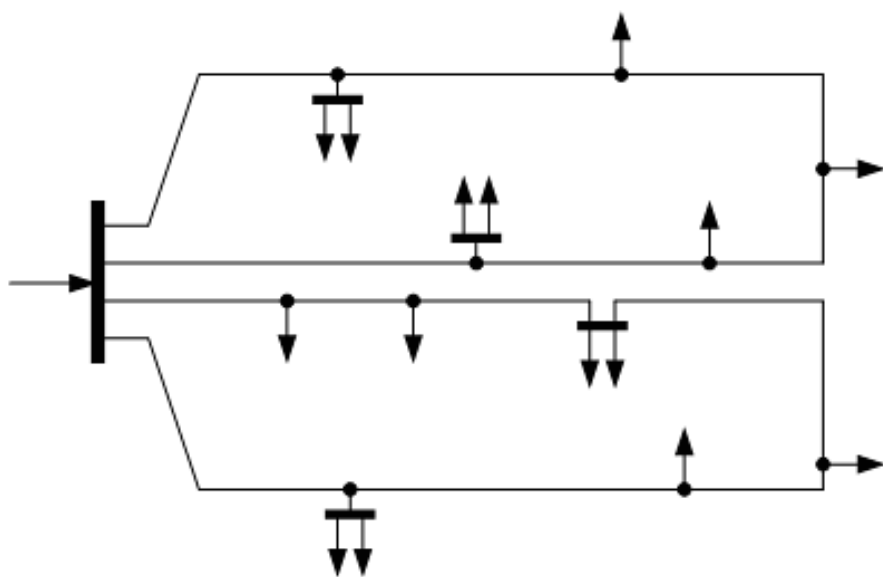
U paprskových sítí jsou z napájecího uzlu vyvedeny samostatné větve, které vedou k napájeným objektům. Tyto větve nelze vzájemně spojovat. Obvykle se jedná o nejlevnější způsob zapojení sítě. Hlavní nevýhodou je, že všechna odběrná místa jsou napájena pouze z jednoho směru. Tedy zde není záloha napájení pro případ výpadku primárního zdroje. Proto se využívá tam, kde není nutná velká spolehlivost dodávky elektrické energie. Další nevýhodou oproti jiným sítím napájeným z více stran je úbytek napětí, který na konci vedení při nesprávně navržené síti může překračovat dovolené hodnoty.



Obrázek 2.1–Zjednodušené schéma paprskové sítě

Sítě okružní

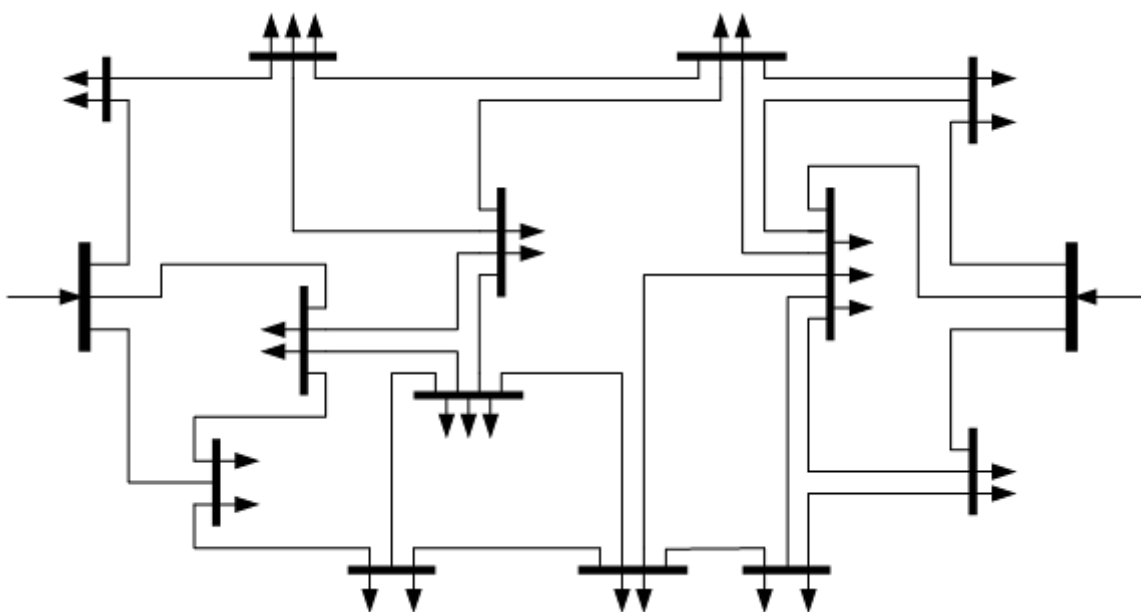
Okružní síť se skládá z několika vedení, které začínají a končí v témže napájecím bodě. Tím jsou všechny odběry napájeny z obou stran a v případě poruchy na vedení nemusí dojít k přerušení dodávky elektrické energie. Pouze se odpojí ta část vedení, na které došlo k poruše a dotčený okruh se dále provozuje jako dvoupaprsková síť. Na rozdíl od paprskové sítě je zde hospodárněji využito vedení, postačují nižší průřezy vodičů. Rovněž na vzdálenějších místech nevznikají tak vysoké úbytky napětí jako u paprskové sítě. Tento typ sítě se používá pro napájení obytných zástaveb i průmyslových podniků.



Obrázek 2.2– Zjednodušené schéma okružní sítě

Sítě zauzlené, mřížové

Mřížové sítě obsahují minimálně dva napáječe a hustou síť vzájemně propojených rozvaděčů. Toto uspořádání umožňuje napájet velké plochy s vysokou hustotou odebíraného výkonu. Jsou nejčastěji využívány v centrech velkých měst na napěťové hladině NN. Je v ní zajištěna vysoká úroveň bezpečnosti dodávky elektrické energie, protože každý uzel může být napájen z několika stran. Jsou zde velice dobré napěťové poměry. Úbytek napětí je velice nízký. Jsou používány vodiče nižších průřezů. Rozvoj a rozšiřování sítě je poměrně snadné. Nevýhodou u tohoto uspořádání je velký zkratový výkon a obtížnější jištění vedení. Zvláštním typem sítě uzlové je síť mřížová. V ní se používá obvykle jednotný průřez kabelů. Tím je síť variabilnější, ovšem některá vedení nejsou plně využita a je tím snížena ekonomická efektivita výstavby sítě.



Obrázek 2.3- Zjednodušené schéma mřížové sítě

2.2 Metody výpočtu ustáleného stavu elektrické sítě

Pro řízení provozu sítě je potřebná znalost napěťová v uzlech, toky činných a jalových výkonů, přenosové ztráty a mnoho dalších veličin. Pro návrhy rozvoje elektrické sítě jsou důležité zejména výpočty chování sítě v ustáleném stavu. Ustálený stav jako takový v síti nenastane nikdy, protože neustále probíhá připínání a odpínání menších či větších odběrů. Pokud však zanedbáme malé změny, které nemají na chování sítě velký význam, lze mluvit o ustáleném stavu sítě.

Pro řešení stavu sítě výpočetními metodami obvykle používáme tato zjednodušení:

- a) Neuvažujeme příčnou admitanci prvků soustavy (vedení, transformátorů, atd.).
- b) Parametry jednotlivých prvků soustavy uvažujeme jako konstantní, nezávislé na proudu a napětí.
- c) Napětí zdrojů a proudy odběrů uvažujeme jako harmonické funkce času s frekvencí 50 Hz.
- d) U trojfázových soustav předpokládáme symetrii zdrojů i odběrů
- e) Odběry jsou zadány pomocí proudů nezávislých na napětí.

Pro sestavení obvodových rovnic lze použít obecné metody analýzy elektrických obvodů, například metodu uzlových napětí nebo smyčkových proudů. V praxi se nejčastěji používá metoda uzlových napětí. Pomocí ní můžeme síť popsat soustavou rovnic:

$$[I] = [Y] \cdot [U] \quad (2.1)$$

Tuto soustavu můžeme také napsat ve tvaru:

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot U_j \quad (2.2)$$

kde n je počet uzlů počítané sítě.

Bilanční uzel, ve kterém známe napětí, vyrovnává bilanci mezi dodávkami a odběry. Obvykle jej značíme indexem 1.

$$\frac{I_1}{I'} = \frac{Y_{11}}{Y_{a1}} \cdot \frac{Y_{1a}}{Y'} \cdot \frac{U_1}{U'} \quad (2.3)$$

Po roznásobení dostaneme:

$$I_1 = Y_{11} \cdot U_1 + Y_{1a} \cdot U' \quad (2.4)$$

$$I' = Y_{a1} \cdot U_1 + Y' \cdot [U'] \quad (2.5)$$

Nebo jinak:

$$I_i = Y_{i1} \cdot U_1 + \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot U_j \quad (2.6)$$

Admitanční matice Y' je již regulární, takže soustava rovnic má jednoznačné řešení.

2.2.1 Výpočet ustáleného chodu Gauss-Seidlovou iterační metodou

Pro výpočty sítí za použití výpočetní techniky je výhodné používat iterační způsoby výpočtu. Jedním z nich je Gauss – Seidlova metoda.

Síť, která má n uzlů a každý uzel kromě bilančního je určen výkonem. Výkon v i -tém uzlu je pak popsán rovnicí:

$$S_i = P_i + jQ_i = U_i \cdot I_i^* \quad (2.7)$$

Z této rovnice vyjádříme proud:

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{U_i^*} = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot U_j \quad (2.8)$$

Pravou stranu rovnice lze přepsat:

$$\frac{P_i - jQ_i}{U_i^*} = \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}U_j + Y_{ii} \cdot U_i + \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}U_j \quad (2.9)$$

Z ní vypočteme napětí U_i . Získáme tak tvar rovnic vhodný pro iterační výpočet.

$$\frac{P_i - jQ_i}{U_i^*} = \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}U_j + Y_{ii} \cdot U_i + \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}U_j \quad (2.10)$$

$$U_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{U_i^*} - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}U_j - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}U_j \right] \quad (2.11)$$

Převedením rovnice do iteračního tvaru získáme:

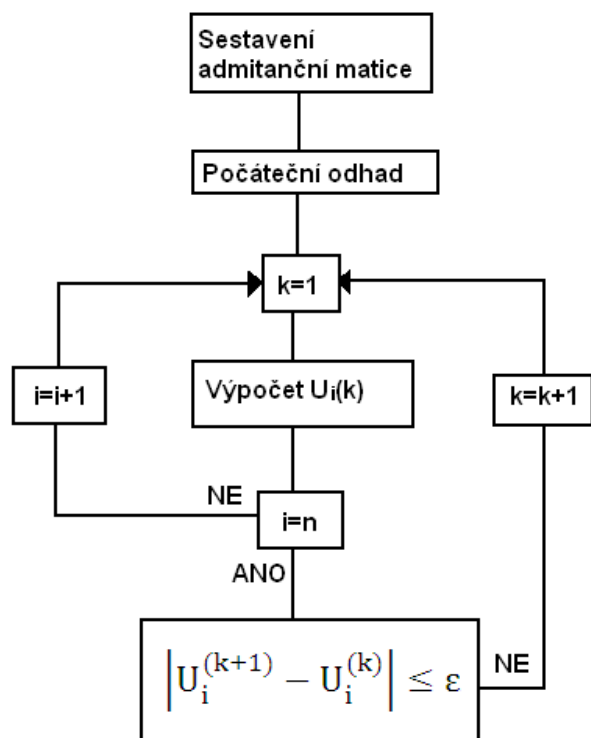
$$U_i^{k+1} = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{U_i^k} - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}U_j^{k+1} - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}U_j^k \right] \quad \text{pro } i=1,2,\dots,n-1 \quad (2.12)$$

Výpočet je ukončen je-li pro všechna i splněna podmínka:

$$|U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)}| \leq \varepsilon$$

Kde ε je zadaná přesnost výpočtu.

Algoritmus řešení ustáleného chodu pomocí Gauss Seidlovi iterační metody je naznačen na obrázku Obrázek 2.4



Obrázek 2.4- Algoritmus Gauss - Seidelovy metody

Nevýhodou této metody je poměrně vysoký počet iterací. Proto se v praxi obvykle pro počáteční přiblížení používá Newton- Raphsonova metoda.

2.2.2 Výpočet ustáleného chodu Newtonovou-Raphsonovou modifikovanou iterační metodou

Z předchozí kapitoly plyne:

$$P_i - jQ_i = U_i \sum_{j=1}^n Y_{ij} U_{ij} \text{ pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

Pravou stranu rozepíšeme na reálnou a imaginární část pomocí fázorů napětí a komplexních admitancí:

$$U_i = U_i < \delta_i; \quad U_i^* = U_i < -\delta_i; \quad Y_{ij} = Y_{ij} < -\alpha_{ij} \quad (2.14)$$

Dosazením získáme:

$$P_i = \sum_{j=1}^n U_i U_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.15)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n U_i U_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.16)$$

Rovnice (2.15)(2.16) představují soustavu $2(n-1)$ rovnic pro $(n-1)$ neznámých napětí v uzlu a jejich úhlů. Pro iterační výpočet můžeme sestavit matici:

$$\begin{array}{ccccccc} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & & \frac{\partial P_2}{\partial U_2} & & & \\ \Delta P_2 & & \ddots & & \ddots & & \Delta \delta_2 \\ \vdots & & & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_n} & & \frac{\partial P_n}{\partial U_n} & \vdots \\ \Delta P_n & & & & & & \Delta \delta_n \\ \Delta Q_2 & = \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & & \frac{\partial P_n}{\partial U_n} & & & \Delta U_2 \\ \vdots & & & & & & \vdots \\ \Delta Q_n & & \ddots & & \ddots & & \Delta U_n \\ & & & \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n} & & \frac{\partial P_k}{\partial U_n} & \end{array} \quad (2.17)$$

Nebo zkráceně pomocí determinantů:

$$\frac{\Delta P}{\Delta Q} = \frac{\frac{\partial P}{\partial U}}{\frac{\partial Q}{\partial U}} \frac{\frac{\partial P}{\partial \delta}}{\frac{\partial Q}{\partial \delta}} \frac{\Delta U}{\Delta \delta} \quad (2.18)$$

Prvky parciálních derivací získáme derivováním rovnice pro činné výkony:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = 2U_i Y_{ii} + \sum_{j=1}^n U_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_j} = U_i Y_{ij} U_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = - \sum_{j=1}^n U_i U_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = U_i U_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.22)$$

Obdobně derivováním rovnic pro jalové výkony:

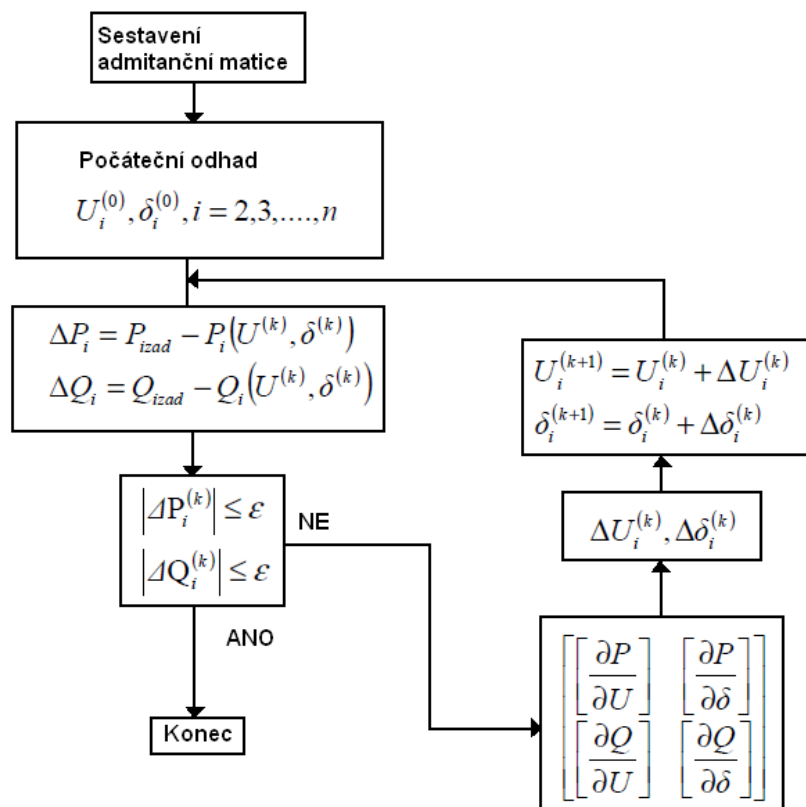
$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = -2U_i Y_{ii} \sin \alpha_{ii} + \sum_{j=1}^n U_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_j} = U_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n U_i U_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -U_i U_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (2.26)$$

Zjednodušené schéma výpočtu je na obrázku Obrázek 2.5. Tato iterační metoda velmi rychle konverguje a počet iterací závisí zejména na zvolené přesnosti, méně pak na velikosti řešené sítě.

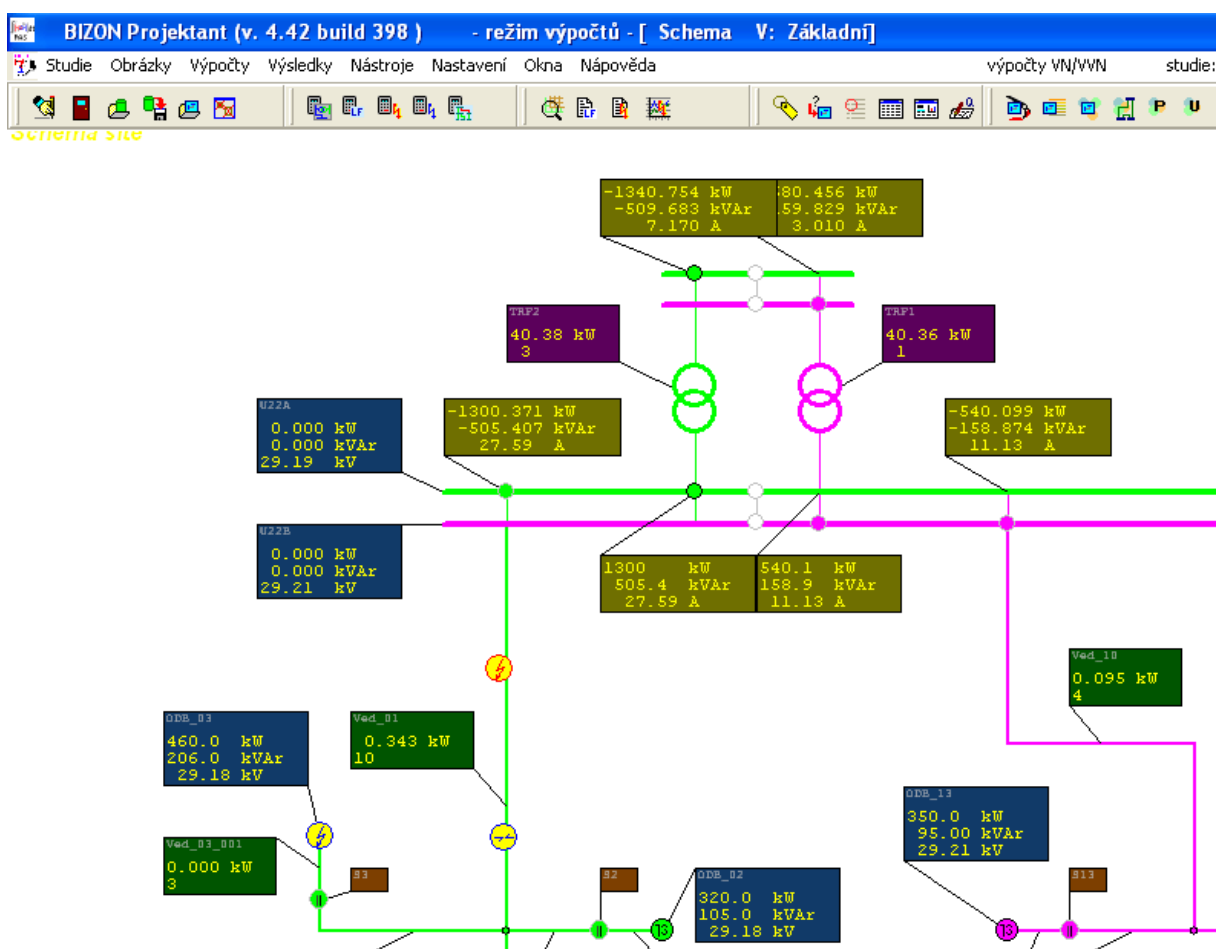


Obrázek 2.5- Algoritmus výpočtu sítě podle Newton - Raphsonovy metody

3 PROGRAM DAISY BIZON PROJEKTANT [4]

Program Bizon Projektant je systém pro výpočty režimů elektroenergetických sítí. Je určen především pro podporu projektování rozvodných sítí všech napěťových úrovní (nn, vn a vvn). Obsahuje podporu pro výpočty nastavení ochran a jištění pojistkami a jističi.

Program umožňuje snadnou modifikaci výpočetních dat. Uživatel zakreslí část sítě a okamžitě může začít s výpočty. Změny provádí uživatel přímo v interaktivním režimu. Velkou výhodou produktu je schopnost spolupráce s GIS a CAD systémy. Je rovněž možné použití souboru obrázku ve tvaru BMP jako podkladové vrstvy pro kreslení. Po definování měřítka lze i takto využívat schopnosti odečtu délek vedení a kabelů z obrázku.



Obrázek 3.1- Příklad modelu sítě VN v programu Bizon Projektant

3.1 Základní prvky modelu elektrické sítě v programu Daisy Blzon

V režimu editor lze v programu nakreslit schéma uvažované sítě. Kreslí se výběrem a následným umístěním některého ze základních prvků sítě popsaných dále. Každý prvek má své dialogové okno, ve kterém mu lze přiřadit parametry, které budou použity k výpočtu.

3.1.1 Uzly

Uzel je základním objektem elektrické sítě, kde lze do sítě dodávat, případně odebírat výkon. Je to základní, samostatně pracující úsek sběrnice. Na uzly jsou přes vývody napojeny větve. Uzlem je také každé místo na vedení, kde se vedení větví (např. tzv. "téčko"), kde je rozděleno (úsekový spínač) nebo kde přechází na jiný typ vodiče či průřez (přechod kabel-venkovní vedení, apod.).

Rozlišujeme tyto typy uzlů:

- **Napájecí**
- **Odběrové**

Zvláštním typem napájecího uzlu je **vztažný uzel**. Je to napájecí uzel, zvolený jako referenční uzel pro výpočet celé uzlové soustavy. Bude mu věnován samostatný odstavec.

Na uzly se váže několik dalších energetických objektů:

- **Odběrová místa**
- **Zdroje**
- **Vývody**

Samotný uzel má též vazbu na jiné objekty, kterými jsou:

- **Uzlové soustavy**
- **Kmenové linky**
- **Oblasti**
- **Rozvodny**

3.1.2 Větvě

Větev je základním objektem elektrické sítě, elektricky spojuje buď dva sousední uzly (např. vedení, kabel, transformátor) nebo uzel se zemí (injekce, např. generátor, kompenzátor, hraniční vedení,

odběrové transformátory). Místo napojení větve na uzel je označováno jako vývod. Větve dále obsahují spínací a jistící prvky.

Rozlišujeme tyto typy větví:

Vedení a kabel

Transformátor

Spínač sběren

3.1.3 Kmenové linky

Jsou administrativně vyčleněné části sítě, napájené nejčastěji z jednoho uzlu. Při definici kmenové linky se vychází z jednoho referenčního vývodu kmenové linky, kmenová linka pak obsahuje všechny energetické objekty elektricky propojené se zdrojem v okamžiku její definice. Kmenovým linkám lze též přiřadit barvu (např. prostřednictvím tabulky kmen.linek). Na základě příslušnosti ke kmenové lince se provádějí rozpočty odebíraných výkonů do jednotlivých uzlů. Rozpočty je možno provádět z měřených (např. dle zimního měření) nebo instalovaných výkonů. Princip dopočetů znázorňuje obrázek – na základě známého napájecího toku výkonu nebo proudu do celé kmenové linky, případně známých dílčích odběrů jsou dopočítávány ostatní odběry, u nichž víme pouze instalovaný výkon nebo měřené výkony ve starším období.

3.2 Kvalita hodnot

Pro informaci, jakým způsobem byla hodnota v systému získána, slouží atribut hodnoty „Kvalita“. Kvalita nám navíc sděluje, jakou informační váhu daná hodnota má (vypadlá, vypočítaná, ruční přepsatelná, ruční nepřepsatelná apod.). Pro rozlišení hodnot s různou kvalitou v obrázcích, tabulkách i tiscích se používají různé barvy, které lze uživatelsky nastavit.

Nastavení kvality uživatelem

Uživatel může zadávat hodnotu do programu pouze s kvalitou ruční přepsatelnou a ruční nepřepsatelnou. Ostatní kvality jsou používány interně systémem. Přepsatelná kvalita slouží pro běžné zadávání hodnot. Hodnota s touto kvalitou může být přepsána hodnotou jinou, například s kvalitou dopočtenou apod. Hodnoty zadáváme touto kvalitou, když chceme, aby je systém nahradil nějakou „kvalitnější“, přesnější hodnotou (např. z měření, estimace nebo z externího zdroje), pokud ji ovšem získá.

Nepřepsatelnou kvalitu hodnoty použijeme tam, kde nechceme, aby tato hodnota byla změněna systémem nebo pro ovlivnění rozpočtů v kmenových linkách. Hodnotu s touto kvalitou lze přepsat pouze jinou hodnotou ruční (přepsatelnou i nepřepsatelnou), ale nemodifikuje se automaticky. Hodnoty s kvalitou ruční nepřepsatelná jsou obecně brány jako hodnoty vstupní, neměnné, hodnoty s kvalitou ruční přepsatelná jako hodnoty dočasné, v dopočtech výstupní a hodnoty s kvalitou vypadlá jsou nespočítané nebo nepřenesené, prostě takové, které nelze brát v úvahu.

3.3 Typové tabulky

Typové tabulky se používají pro zjednodušení zadávání dat, kdy při vkládání nového objektu stačí zadat pouze minimum údajů (samozřejmě příslušnost k typu) a zbylé údaje, nutné pro výpočet, se získají z typových tabulek. Každá studie má své typové tabulky uloženy v sobě, aby s ní mohly být přenosné a mohly být případně prodanou studii speciální. Při práci v týmu je samozřejmě vhodné, aby zde zároveň byla možnost typové tabulky sdílet, resp. používat v celém týmu tabulky stejné. Proto je možné sdílené resp. referenční tabulky načíst ručně (popsáno níže) nebo automaticky při načítání studie. Automatické načítání je možné nastavit v parametrech programu na kartě obecných vlastností.

4 DISTRIBUČNÍ SÍŤ V LOKALITĚ OSTRAVA PORUBA

V této lokalitě se nachází jednak obytná výstavba, jednak průmyslové podniky, dále Fakultní nemocnice, areál VŠB-TUO včetně nově budovaného Vědecko-technického parku. Provozovatelem distribuční sítě je společnost ČEZ Distribuce, a.s. Rozvod elektrické energie do koncových trafostanic zajišťuje transformační stanice 110/10kV Martinov, dále dvě spínací stanice Poruba A na hladině 22kV a Poruba B částečně na hladině 10kV a částečně 22kV. Tyto stanice jsou napájeny vedením 110kV z elektrárny Třebovice. V současné době se chystá k uvedení do provozu nová rozvodna s transformací 110/22kV VN na ulici 17. listopadu v blízkosti průmyslové zóny ProLogis.

4.1 Přenášené výkony rozvoden VN

Ze společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem obdržel data ze zimního měření v lednu 2012. V tabulkách dále udávám špičkové hodnoty měřené v 18h.

4.1.1 Rozvodna Martinov

Rozvodna využívá jednoduchý systém přípojníc s podélným dělením. Přípojnice jsou napájeny transformátorem 110/10kV o jmenovitém výkonu 25MVA. Výkony v tabulce Tabulka 4.1 udávají celkové zatížení linky měřené na vývodu v rozvodně.

Tabulka 4.1- Zatížení kmenových linek rozvodny Martinov

Kmenová linka	Výkon [kW]	U [kV]
KM_MARTINOV_V1005	977	10
KM_MARTINOV_V1006	612	10
KM_MARTINOV_V1007	629	10
KM_MARTINOV_V1008	676	10
KM_MARTINOV_V1009	610	10
KM_MARTINOV_V1010	265	10
KM_MARTINOV_V1011	564	10
KM_MARTINOV_V1012	2038	10
KM_MARTINOV_V1013	321	10
KM_MARTINOV_V1014	668	10
KM_MARTINOV_V1015	900	10
KM_MARTINOV_V1016	573	10

4.1.2 Rozvodna Poruba A

Rozvodna využívá dvojitého systému přípojníc s podélným dělením. Prošla kompletní rekonstrukcí z 6kV na 22kV. Přívodní vedení přivádí energii z rozvodny Třebovice na hladině 22kV. Napájecí linky ze stanice Poruba A vedou přes koncové distribuční stanice do stanice Poruba B. Tím je pro všechny odběratele zajištěno napájení ze dvou stran. Výkony v tabulce Tabulka 4.2 udávají celkové zatížení linky měřené na vývodu v rozvodně.

Tabulka 4.2 - Zatížení kmenových linek rozvodny Poruba A

Kmenová linka	Výkon [kW]	U [kV]
KM_PORUBA_A_V3011	914	22
KM_PORUBA_A_V3012	431	22
KM_PORUBA_A_V3013	851	22
KM_PORUBA_A_V3015	404	22
KM_PORUBA_A_V3016	279	22
KM_PORUBA_A_V3017	325	22
KM_PORUBA_A_V3018	288	22

4.1.3 Rozvodna Poruba B

Spínací stanice Poruba B byla původně provozována na napětíové hladině 6kV, poté prošla částečnou rekonstrukcí. Nyní je část provozována na hladině 22kV a část zůstala na původní hladině 10kV. Obě části mají dvojitého systém přípojníc. Rekonstruovaná část 22kV je napájena z rozvodny Třebovice, starší část je napájena z rozvodny Martinov, která je rovněž provozována na původní hladině 10kV. Výkony v Tabulka 4.3 udávají celkové zatížení linky měřené na vývodu v rozvodně.

Tabulka 4.3- Zatížení kmenových linek rozvodny Poruba B

Kmenová linka	Výkon [kW]	U [kV]
PORUBA_B10_V1017	431	10
PORUBA_B10_V1018	403	10
PORUBA_B10_V1019	784	10
PORUBA_B10_V1020	536	10
PORUBA_B10_V1021	701	10
PORUBA_B10_V1022	422	10
PORUBA_B10_V1023	1125	10

4.2 Rozvodna Nová Poruba

Počátkem roku 2013 by měla být postupně uváděna do provozu nově vybudovaná rozvodna na ulici 17. listopadu poblíž průmyslového parku Prologis. Rozvodna je vybavena dvěma transformátory 110/22kV, každý o jmenovitém výkonu 50MVA. Schéma zapojení nové rozvodny do distribuční sítě jsem měl při vypracování práce k dispozici, ale z důvodu citlivosti údajů není součástí této práce. Vědecko-technologický park při VŠB-TUO deklaroval očekávaný velký instalovaný výkon, proto je napájen ze samostatné větve. Taktéž fakultní nemocnice má vyhrazenou vlastní větev. Dalším přínosem tohoto zapojení dále bude, že nemocnice bude napájena ze tří míst a je tedy zajištěna vysoká bezpečnost dodávky elektrické energie.

Vnitřní uspořádání nové rozvodny

Přestože součástí zadání této diplomové práce je i návrh zapojení nové rozvodny, v době vypracování práce byl již jak návrh zapojení, tak i samotná stavba rozvodny dokončena. Nebylo by tedy účelné vypracovávat návrh nový, neboť by nemohl být realizován. V dalším textu tedy popisuji rozvodnu dle informací z ČEZ Distribuce, a.s.

Rozvodna využívá dvojitý systém přípojníc. Přípojnice jsou podélně rozděleny do dvou sekcí, které jsou za běžného provozu rozpojeny. Každou napájí jeden transformátor 110/22kV o jmenovitém výkonu 50MVA. Při výpadku jednoho zdroje nebo z provozních důvodů například při revizi lze obě sekce propojit a zajistit tak záložní napájení. Jednotlivé odbočky jsou provedeny jako skříňové, plněné SF₆. Jmenovitý proud přípojníc je 1600A, zkratový proud 25kA. Maximální jmenovitý proud vývodů je 630A. Schéma vnitřního zapojení nové rozvodny jsem měl při vypracování práce k dispozici, ale z důvodu citlivosti údajů není součástí této práce.

4.3 Zhodnocení současného stavu a návrh budoucího rozvoje

V distribuční síti v Ostravě Porubě jsou v současnosti použity napěťové hladiny 10 a 22kV. Protože každý prvek sítě má svou konečnou životnost a je nutné jej v určitých intervalech vyměnit, naskýtá se možnost vyměnit prvky sítě 10kV za prvky se jmenovitým napětím 22kV. Pochopitelně je třeba vyměnit prvky všechny. V dané situaci bude výhodné takovéto nahrazení provést a unifikovat tak napětí distribuční sítě v dané lokalitě. Pro toto řešení mluví následující argumenty:

- **Nižší ztráty** – při vyšším jmenovitém napětí a stejném přenášeném výkonu teče vedením nižší proud a tedy Joulovy ztráty ve vedení jsou nižší.
- **Vyšší přenosová kapacita** – jak bylo řečeno v předchozím bodě, při použití vyššího napětí a stejného průřezu vodiče, lze přenášet vyšší výkony. Tento argument má velkou váhu zejména z důvodu neustálého nárustu spotřeby elektrické energie. Pro představu Tabulka 4.4 ukazuje avizované nové odběry na území Ostravy Poruby oznámené společností ČEZ Distribuce, a.s. z roku 2008.
- **Lepší zálohovatelnost** – pokud všechny části sítě pracují se stejnou hladinou napětí, mohou se snadno vzájemně zálohovat bez nutnosti transformace. Z toho plyne vyšší spolehlivost dodávek energie a nižší náklady na nedodanou energii.
- **Rozvojová strategie** - společnost ČEZ Distribuce, a.s., která danou síť provozuje má jako jeden ze strategických cílů sjednocení hladiny napětí v distribučních soustavách na 22 nebo 35 kV.

Z výše uvedených důvodů jednoznačně vyplývá nutnost při rekonstrukci nahradit stávající části sítě 10kV novým zařízením se jmenovitým napětím 22kV.

Tabulka 4.4- Avizované nové odběry elektrické energie v Ostravě Porubě

Investiční záměr	Avizovaný příkon [kW]
Log. Centrum Poruba	3000
Globus Opavská	1000
Rozšíření VTP Poruba	10000
Bytová výstavba O.Poruba	900
Poruba byt. Domy	700
Radnice Poruba	1500
Bytový komplex Poruba A	4500
Bytový komplex Poruba B	4500
Poruba - Průběžná byt.domy	800
Občanská vybavenost	1300
Areál VŠB-TUO	2000

5 MODEL SÍTĚ V PROGRAMU DAISY BIZON

Abych mohl snadno vypočítat elektrické veličiny v síti při různých provozních stavech během rekonstrukce, vytvořil jsem model sítě v programu Daisy Bizon Projektant. Ze společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem obdržel starý model sítě z roku 2008. Byla v něm zachycena ještě situace, kdy části sítě od rozvoden Poruba A a Poruba B pracovaly na napěťové hladině 6kV. Také rozložení distribučních transformačních stanic mezi stanicemi Poruba A a Poruba B neodpovídalo skutečnosti.

Proto jsem s pomocí aktuálních schémat sítě model aktualizoval. Část sítě mezi Porubou A a Porubou B jsem kompletně překreslil. Dále jsem odstranil již neexistující transformaci 22/6kV.

5.1 Prvky modelu

Prostředky, které program Daisy Bizon projektant používá k vytvoření modelu sítě jsem popsal v kapitole 3.1. Níže následuje přehled prvků a jejich parametrů pro výpočet konkrétní sítě.

Distribuční transformátorové stanice

DTS jsou v programu namodelovány jako odběrové uzly. Zadané parametry jsou u každého z nich jmenovité napětí, instalovaný výkon a kmenová linka, ke které uzel přísluší. Instalované výkony jednotlivých DTS jsem čerpal z materiálů poskytnutých mi společností ČEZ Distribuce, a.s.

Vedení

Pro určení parametrů úseků vedení jsem použil typové tabulky v programu. Po zadání typu vedení, např. 22K_240_AKXEKCY program sám doplní rezistenci, reaktanci a kapacitanci příslušného kabelu. Dále už stačí zadat jen délku a kmenovou linku. Každý úsek vedení je v programu automaticky vybaven vypínatelnými vývody na obou stranách, pomocí nichž lze upravovat provozní zapojení sítě. Délky a průřezy kabelových úseků jsem čerpal opět z materiálů poskytnutých mi společností ČEZ Distribuce, a.s.

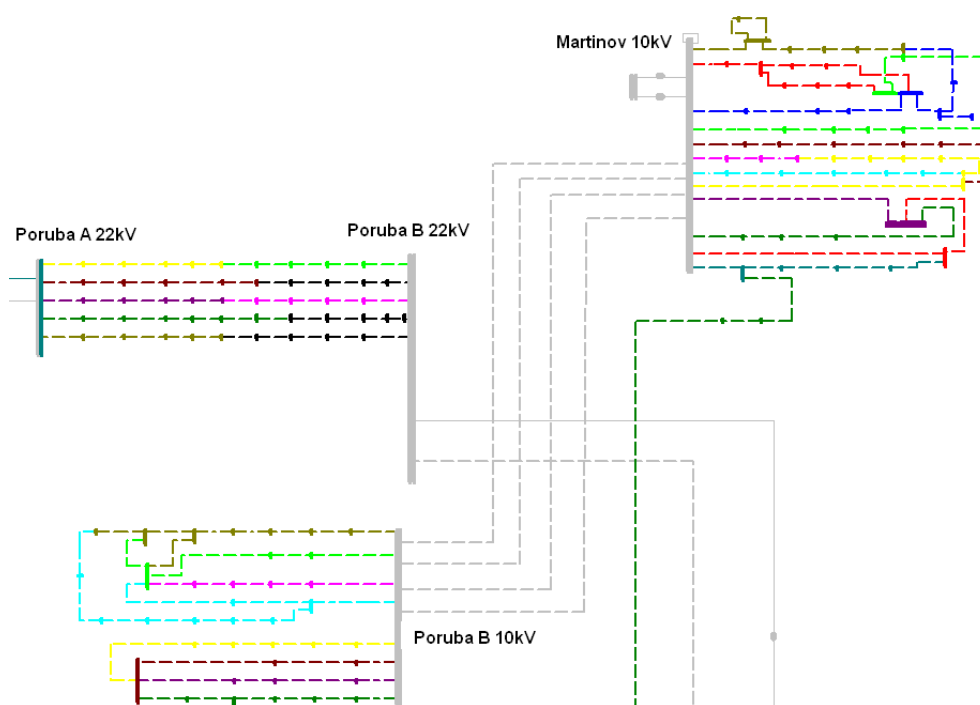
Kmenové linky

Pro každou větev napájenou z jednoho vývodu rozvodny jsem vytvořil v programu kmenovou linku. Těmto kmenovým linkám jsem přiřadil proudy získané ze zimního měření v lednu 2012. Zde dochází k jisté nepřesnosti, neboť jsem měl k dispozici pouze hodnoty proudů tekoucích do jednotlivých vývodů rozvoden, nikoliv proudy v koncových distribučních stanicích. Program si je tedy dopočítal tak, že celkový proud linky rozdělil v poměru instalovaných výkonů koncových stanic. Tento způsob by měl přinášet poměrně věrohodné výsledky. Navíc není jiná možnost, protože jednotlivé distribuční transformátorové stanice nejsou vybaveny měřením proudu s dálkovým odečtem.

Tímto jsem získal model sítě, ve kterém mohu snadno pomocí vypínání a spínání vývodů měnit konfiguraci sítě a sledovat její vliv například na proudové zatížení úseků vedení či úbytek napětí v koncových stanicích.

Tabulka 5.1- Přehled počtu prvků v modelu sítě

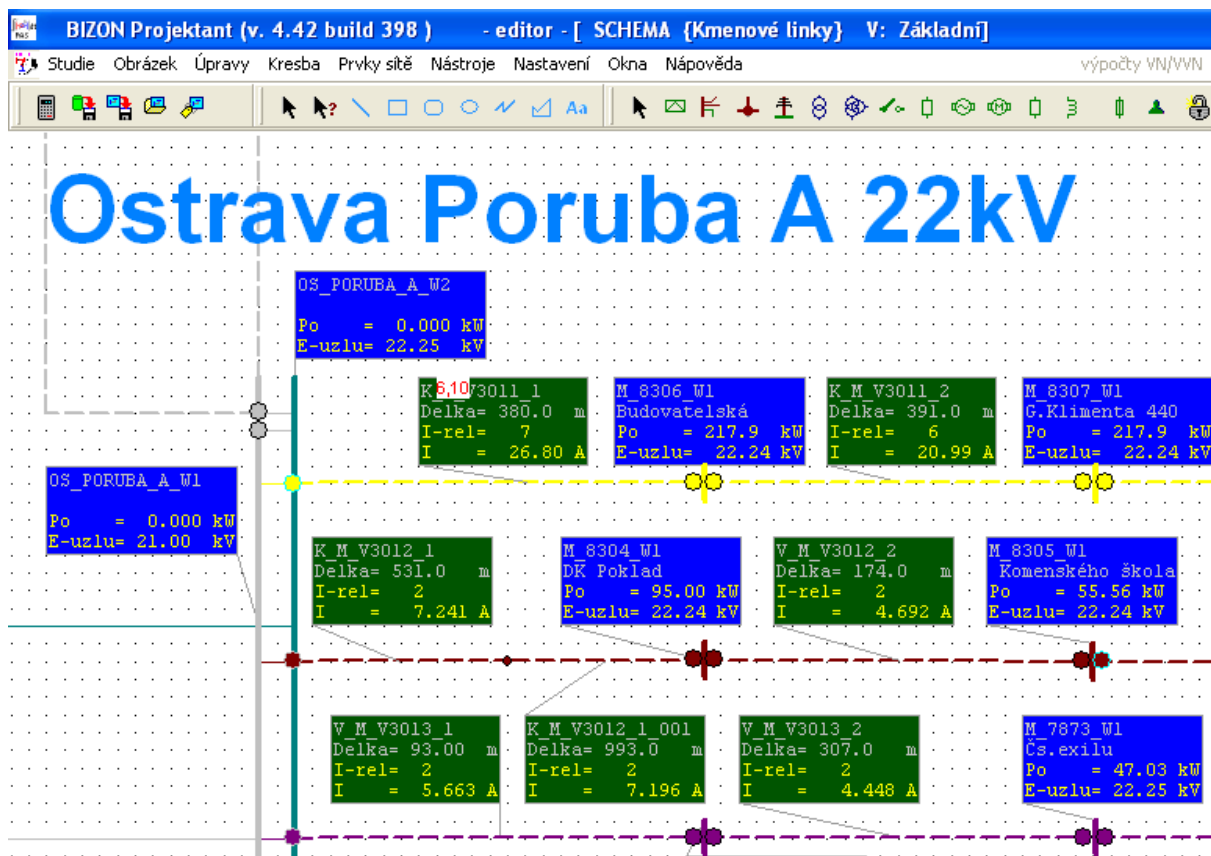
Mezi rozvodnami Poruba A a Poruba B 22kV	
Počet uzlů	51
Počet úseků vedení	52
Počet vývodů	104
Počet transformátorů 110/22 kV	0
Počet kmenových linek	10
Rozvodna Poruba B 10kV	
Počet uzlů	40
Počet úseků vedení	46
Počet vývodů	92
Počet transformátorů 110/22 kV	0
Počet kmenových linek	8
Rozvodna Martinov B 10kV	
Počet uzlů	53
Počet úseků vedení	63
Počet vývodů	126
Počet transformátorů 110/22 kV	2
Počet kmenových linek	10



Obrázek 5.1- Výřez schématu modelu sítě v programu Daisy Bizon projektant

5.2 Možnosti modelu

Jakmile byl model sítě hotov, parametry jednotlivých prvků odpovídaly realitě, bylo možné snadno provádět výpočty sítě. Pro potřeby diplomové práce jsem prováděl pouze výpočty ustáleného stavu, nikoli přechodných jevů. Pro přehled výsledků jsem používal tzv. visaček, tedy informačních štítků, které vedle zvolených prvků ukazují vypočtené parametry. Na lze vidět příklad visaček u vedení a DTS.



Obrázek 5.2- Detail modelu sítě – DTS u rozvodny Poruba A

Pro potřeby práce jsem model využíval zejména k výpočtu těchto parametrů:

- Proudové zatížení vedení
- Ztráty na vedení
- Úbytky napětí v jednotlivých DTS
- Ztráty v transformátorech

V následující kapitole jsem model používal k výpočtům stavu sítě a ověření zatížení úseků vedení při různých mimořádných provozních konfiguracích.

6 NÁVRH REKONSTRUKCE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY

Změna napěťové hladiny distribuční sítě vyžaduje rozsáhlou rekonstrukci. Je potřeba vyměnit všechny prvky sítě: spínací přístroje a transformátory v rozvodnách, vedení a také vybavení koncových distribučních transformačních stanic.

Výměna kabelů

Distribuční síť v Ostravě Porubě je tvořena téměř výhradně kabelovým vedením. Pro výměnu kabelů jsou tedy třeba výkopové práce, které je třeba řádně naplánovat, aby omezení městské infrastruktury bylo co nejmenší. Tedy kabelová vedení, která jsou vedena souběžně v jednom výkopu je třeba vyměnit zároveň, aby nebylo nutné po nějaké době provádět výkop na stejném místě.

Při výměně části kabelového vedení je třeba upravit konfiguraci sítě tak, aby příslušný úsek byl bez napětí a přitom pokud možno nebyla přerušena dodávka elektrické energie do DTS. To v případě Ostravy Poruby není problém, protože všechny větve umožňují napájení ze dvou stran. Je třeba ovšem ověřit, zda při změně konfiguraci nedojde k přetížení žádné části vedení. Po výměně jednoho úseku vedení se opět konfigurace sítě změní tak, aby bylo možné vyměnit další úsek. Nově položené 22kV kabely budou dočasně provozovány na 10kV.

Při výměně kabelového úseku ústícího do rozvodny dojde také k výměně vypínače a odpojovače příslušného vývodu. Tyto prvky mohou samozřejmě rovněž dočasně pracovat na stávajícím napětí 10kV.

Změna zapojení rozvodny

Aby bylo možné napájet rekonstruovanou větev sítě napětím 22kV, je třeba v napájecí rozvodně vytvořit oddělenou část přípojnic, na kterou se přivede 22kV. Tato část se bude postupně rozšiřovat s tím, jak budou přibývat rekonstruované větve.

Výměna výzbroje DTS

Pokud jsou již všechny kabely v daném obvodu vyměněny za nové s nominálním napětím 22kV, je možné začít se změnou vybavení koncových distribučních stanic. Protože je potřeba vyměnit jak transformátor, tak spínací prvky, je nutné přerušit dodávku elektrické energie koncovým odběratelům. V případě, že by bylo nutno zachovat napájení těchto odběratelů, je možno zajistit napájení záložním zdrojem energie, například dieselgenerátorem, popřípadě zajistit náhradní napájení z NN sítě sousední DTS. Po výměně vnitřního vybavení DTS již nic nebrání tomu, ji připojit na napětí 22kV.

Postup je takový, že se s výměnou zařízení DTS začne u stanic nejbližší napájecí rozvodně. Vždy se oboustranně odpojí úsek vedení mezi stanicí pracující na původních 10kV a stanicí rekonstruovanou. Po dokončení výměny vybavení se pak odepne další úsek a stanice se napojí do sítě 22kV. Takto postupně přejde celá větev na hladinu napětí 22kV.

6.1 Návrh postupu rekonstrukce v Ostravě Porubě

Doposud došlo v rámci unifikace v oblasti Ostrava Poruba k rekonstrukci rozvodny Poruba A a části rozvodny Poruba B. Zbývá tedy provést přechod na vyšší napěťovou hladinu u stanice Martinov a zbývajících částí Poruba B. Části distribuční sítě, které jsou provozovány na napěťové hladině 10kV ukazuje Obrázek 6.1. Protože část rozvodny Poruba B je již zrekonstruována a provozována na 22kV, bude výhodné začít zde.

6.1.1 Výměna kabelů v oblasti rozvodny Poruba B – 5. Obvod

5. obvod sítě Poruba B je napájen ze čtyř odboček. Tabulka 6.1 udává průřezy stávajících kabelů a jejich maximální proudové zatížení. Hodnota I_z udává hodnotu proudu při zimním měření ve špičce v lednu 2012. Z tabulky lze vidět, že přenosová schopnost kabelů umožňuje takovou konfiguraci sítě, kdy jedna odbočka převezme kompletní zátěž odbočky sousední. Nebude tedy problém vždy při výměně úseku kabelového vedení napájet příslušné DTS ze sousední odbočky.

Tabulka 6.1 – Stávající parametry vývodů 5. obvodu – hodnoty ze zimního měření

	$S [mm^2]$	$I_{dov} [A]$	$I_z [A]$
1024	150	356	56,05
1017	150	356	20,69
1018	150	356	26,35
1019	150	356	40,81

Z materiálů společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem ověřil, které úseky vedení jsou vedeny souběžně. Zejména se jedná o počáteční úseky každé větve, které ústí z rozvodny společně. Jakmile tedy dojde k výkopu v tomto úseku, musí se postupně vyměnit všechny.

V 5. obvodu Poruby B jsou společně vedeny tyto úseky:

Linka 1024 od rozvodny Poruba B po stanici OS_9352

Linka 1017 od rozvodny Poruba B po stanici OS_8363

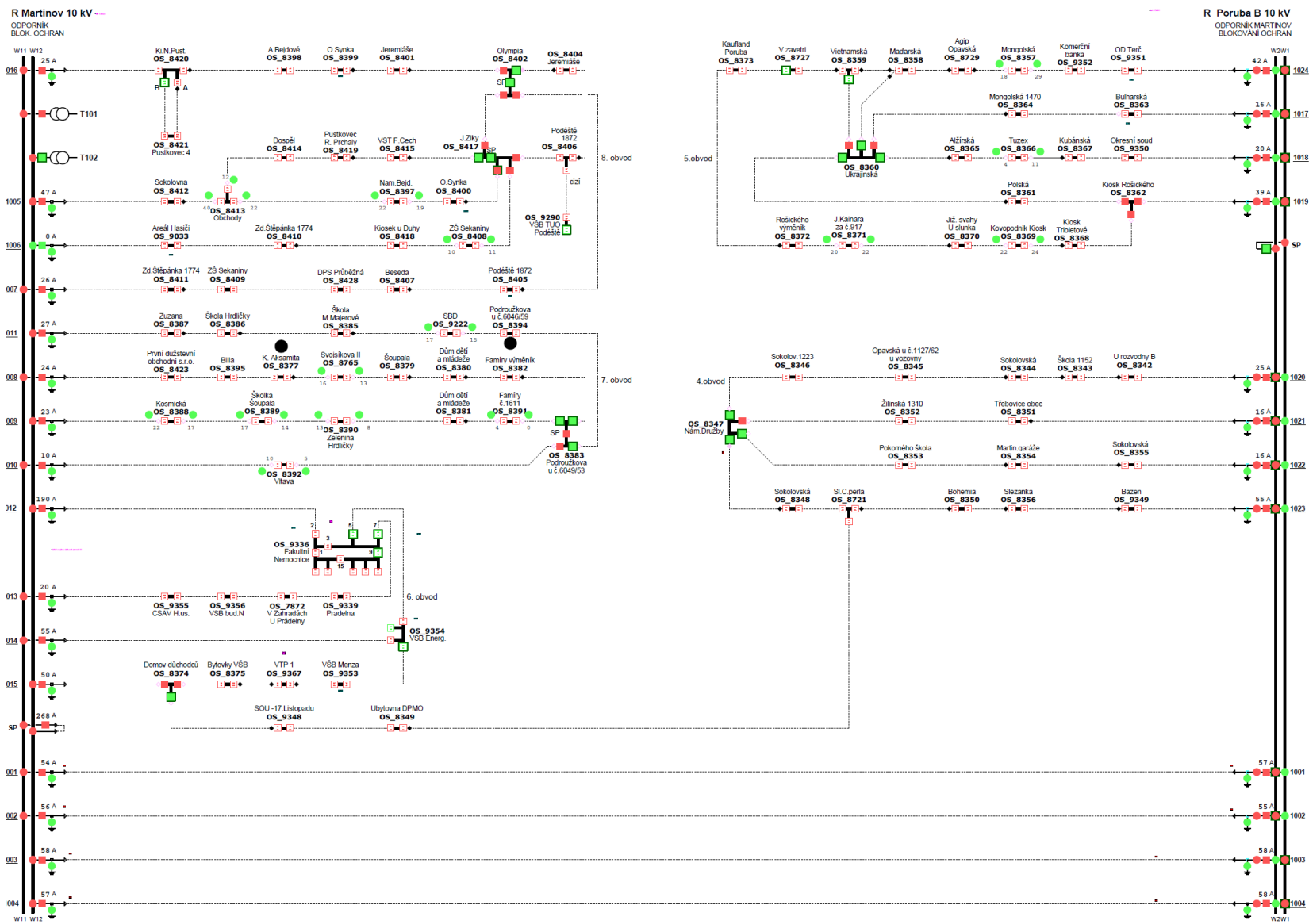
Linka 1018 od rozvodny Poruba B po stanici OS_8366

Linka 1019 od rozvodny Poruba B po stanici OS_8362

Další souběh vedení:

Linka 1024 mezi stanicemi OS_8358 a OS_8359

Linka 1017 mezi stanicemi OS_8363 a OS_8364



Obrázek 6.1 – Distribuční síť 10kV v Ostravě Porubě

Výměna kabelů na lince 1024

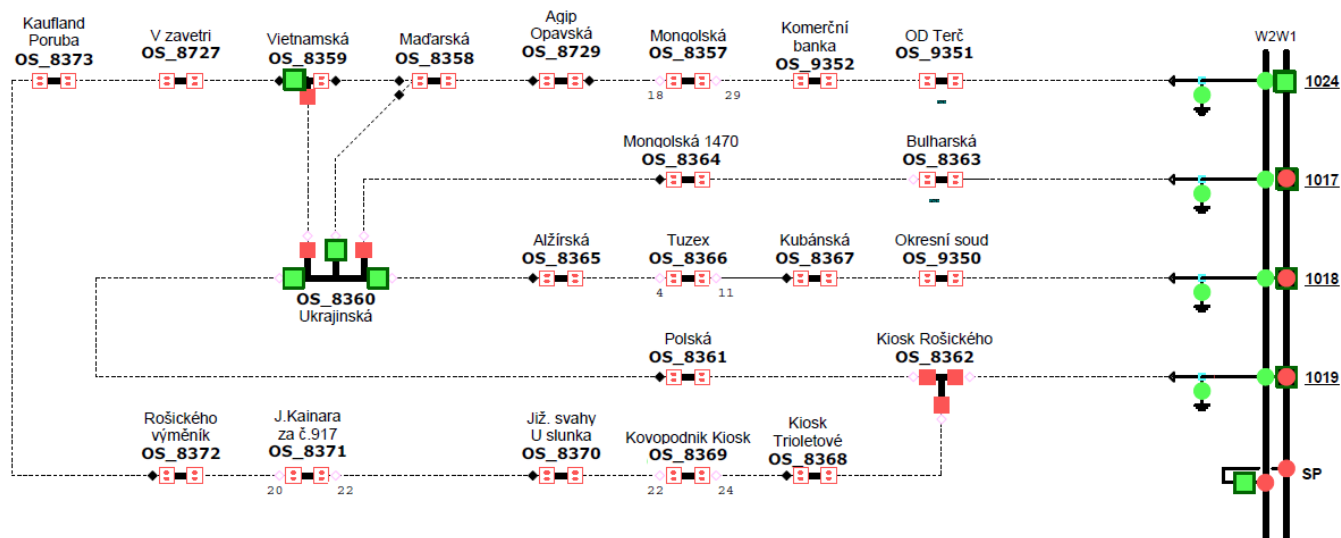
Při výměně stávajících kabelů 10kV na nové 22kV navrhuji začít od rozvodny. První měněný úsek tedy bude mezi rozvodnou Poruba B a stanicí OS_9351. Tento úsek se vypne z obou stran a celá větev bude napájena z druhé strany linkou 1017. To je zároveň i nejhorší případ z hlediska proudového zatížení a úbytku napětí, protože veškeré zatížení linky 1024 převezme linka 1017. Provozní zapojení lze vidět na Obrázek 6.2. Červenou barvou jsou vyznačeny sepnuté vypínače, zelenou barvou rozepnuté. Tabulka 6.2 ukazuje, že při tomto zapojení není překročeno povolené proudové zatížení jednotlivých linek. Dále jsem provedl kontrolu úbytku napětí. Ten bude nejvyšší na konci vedení, tedy ve stanici OS_9351. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě zde činí 1,2%, je tedy v normě.

Po výměně tohoto úseku vedení je nutno bezprostředně vyměnit také počáteční úseky ostatních linek 5. obvodu, protože jsou uloženy společně. Konfigurace sítě při výměně ostatních linek je popsána v následujících podkapitolách.

Když je výměna hotova, úsek mezi Porubou B a stanicí OS_9351 se opět sepne. Pak se oboustranně odepne úsek mezi stanicí OS_9351 a OS_9352. Po jeho výměně a opětovném zapojení se odepne a vymění následující úsek. Tímto způsobem se vymění vedení celé linky 1024 až po stanici OS_8359.

Tabulka 6.2 – Proudové v odbočkách při odpojení linky 1024- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1024	356	0
1017	356	77,3
1018	356	26,35
1019	356	40,81



Obrázek 6.2 – Zapojení 5.obvodu při výměně linky 1024

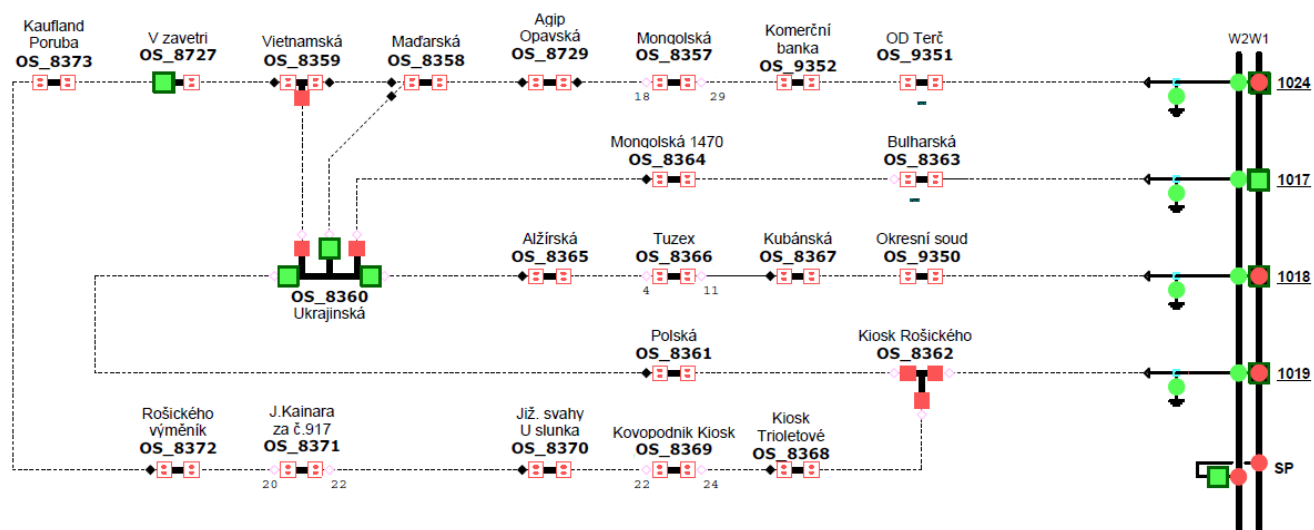
Výměna kabelů na lince 1017

První měněný úsek této linky bude mezi rozvodnou Poruba B a stanicí OS_8363. Tento úsek se vypne z obou stran a celá větev bude napájena z druhé strany linkou 1024. Provozní zapojení lze vidět na Obrázek 6.3. Tabulka 6.3 ukazuje, že při tomto zapojení není překročeno povolené proudové zatížení jednotlivých linek. Úbytek napětí bude nejvyšší na konci vedení, tedy ve stanici OS_8363. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě zde činí 0,7%, je tedy v normě.

Když je výměna hotova, úsek mezi Porubou B a stanicí OS_8363 se opět sepne. Pak se oboustranně odepne úsek mezi stanicí OS_8363 a OS_9364. Po jeho výměně a opětovném zapojení se odepne a vymění úsek mezi stanicí OS_8364 a OS_9360. Nakonec je možno vyměnit i úsek mezi stanicí OS_8360 a OS_9359.

Tabulka 6.3– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1017- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1024	475	76,82
1017	356	0
1018	356	26,35
1019	356	40,81



Obrázek 6.3 – Zapojení 5.obvodu při výměně linky 1017

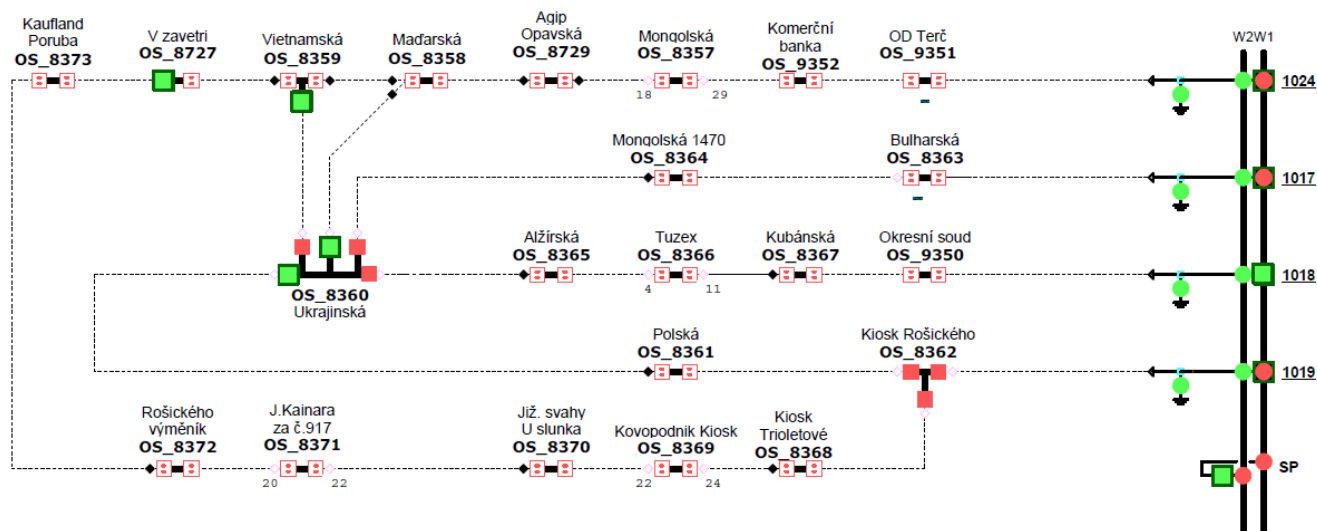
Výměna kabelů na lince 1018

První měněný úsek této linky bude mezi rozvodnou Poruba B a stanicí OS_9350. Tento úsek se vypne z obou stran a celá větev bude napájena z druhé strany linkou 1017. Provozní zapojení lze vidět na Obrázek 6.4. Tabulka 6.4 – Proudové v odbočkách při odpojení linky 1018 ukazuje, že při tomto zapojení není překročeno povolené proudové zatížení jednotlivých linek. Úbytek napětí bude nejvyšší na konci vedení, tedy ve stanici OS_9350. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě zde činí 0,6%, je tedy v normě.

Když je výměna hotova, úsek mezi Porubou B a stanicí OS_9350 se opět sepne. Pak se oboustranně odepne úsek mezi stanicí OS_9350 a OS_8367. Po jeho výměně a opětovném zapojení se odepne a vymění následující úsek. Tímto způsobem se vymění vedení celé linky 1018 až po stanici OS_8360.

Tabulka 6.4 – Proudové v odbočkách při odpojení linky 1018- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1024	475	56,05
1017	475	47,08
1018	356	0
1019	356	40,81



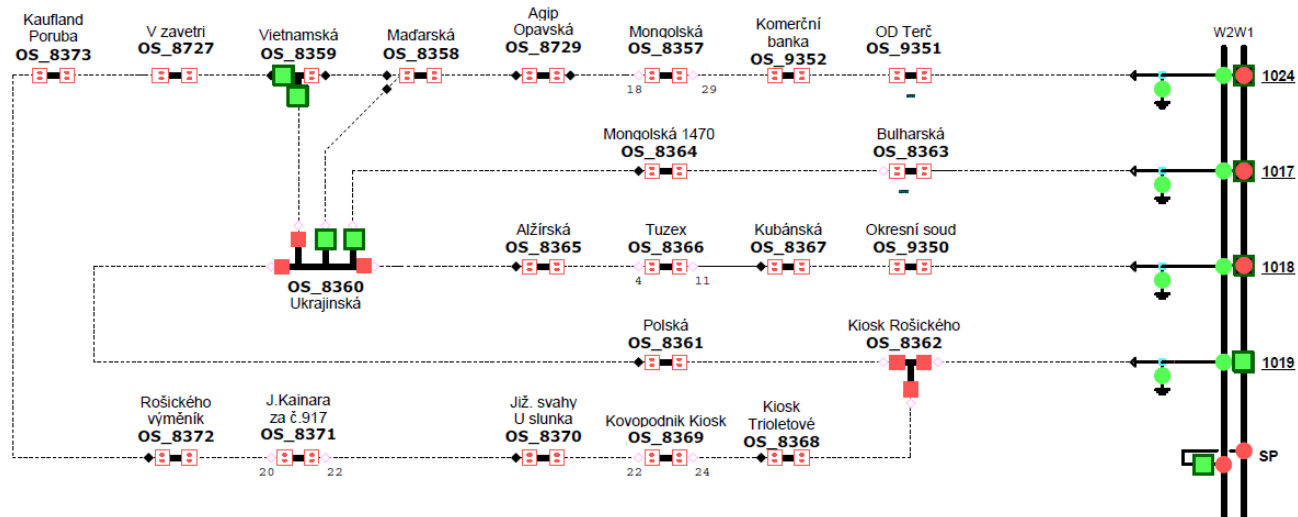
Obrázek 6.4 – Zapojení 5.obvodu při výměně linky 1018

Výměna kabelů na lince 1019

První měněný úsek této linky bude mezi rozvodnou Poruba B a stanicí OS_8362. Tento úsek se vypne z obou stran a celá větev bude napájena z druhé strany linkou 1018. Provozní zapojení lze vidět na Obrázek 6.5. Tabulka 6.5 ukazuje, že při tomto zapojení není překročeno povolené proudové zatížení jednotlivých linek. Úbytek napětí bude nejvyšší na konci vedení, tedy ve stanici OS_8362. Relativní úbytek napětí zde činí určený z modelu sítě 1,0%, je tedy v normě.

Tabulka 6.5 – Proudové v odbočkách při odpojení linky 1019, 1.fáze- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1024	475	56,05
1017	475	13,77
1018	475	74,36
1019	356	0

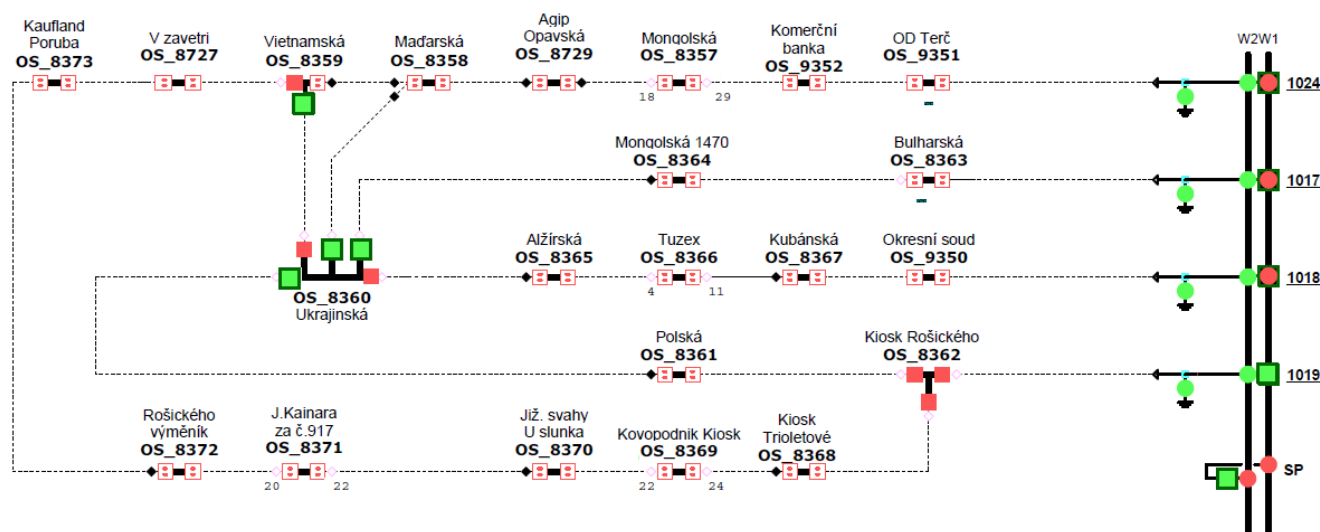


Obrázek 6.5 – Zapojení 5.obvodu při výměně linky 1019, 1.fáze

Když je výměna hotova, úsek mezi Porubou B a stanicí OS_8362 se opět sepne. Pak se oboustranně odepne úsek mezi stanicí OS_8362 a OS_8361. Po jeho výměně a opětovném zapojení se odepne a vymění úsek mezi stanicí OS_8361 a OS_8360. Poté se konfigurace sítě změní dle schématu na Obrázek 6.6. Proudové poměry ukazuje Tabulka 6.7. Odepne se úsek mezi OS_8362 a OS_8368. Další postup je analogický.

Tabulka 6.6 – Proudové v odbočkách při odpojení linky 1019, 2.fáze- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1024	475	97,27
1017	475	20,69
1018	475	26,35
1019	475	0



Obrázek 6.6 – Zapojení 5.obvodu při výměně linky 1019, 2.fáze

6.1.2 Výměna kabelů v oblasti Poruba B – 4. Obvod

Postup bude obdobný jako u 5. obvodu. Opět je nutno společně vyměnit úseky vedení ústící do rozvodny. Napájení po dobu výměny kabelových úseků může být opět realizováno změnou konfigurace sítě a napájením z druhé strany.

5. obvod sítě Poruba B je napájen ze čtyř odboček. Tabulka 6.7 udává průřezy stávajících kabelů a jejich maximální proudové zatížení. Hodnota I_z udává hodnotu proudu při zimním měření ve špičce v lednu 2012. Z tabulky lze vidět, že přenosová schopnost kabelů umožňuje takovou konfiguraci sítě, kdy jedna odbočka převezme kompletní zátěž odbočky sousední. Nebude tedy problém vždy při výměně úseku kabelového vedení napájet příslušné DTS ze sousední odbočky.

Tabulka 6.7 - Stávající parametry vývodů 4.obvodu- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1020	150	356	33,99
1021	150	356	30,38
1022	150	356	23,45
1023	150	356	67,18

Souběh vedení u rozvodny Poruba B:

Linka 1020 až po stanici OS_8342

Linka 1021 až po stanici OS_8351 a mezi stanicemi OS_8351 a OS_8352

Linka 1022 až po stanici OS_8355

Linka 1023 až po stanici OS_9349

Souběh vedení u stanice OS_8374:

Linka 1020 mezi stanicemi OS_8346 a OS_8347

Linka 1021 mezi stanicemi OS_8352 a OS_8347

Linka 1022 mezi stanicemi OS_8353 a OS_8347

Linka 1023 mezi stanicemi OS_8348 a OS_8347

Souběh vedení u stanice OS_8346:

Linka 1020 mezi stanicemi OS_8345 a OS_8346

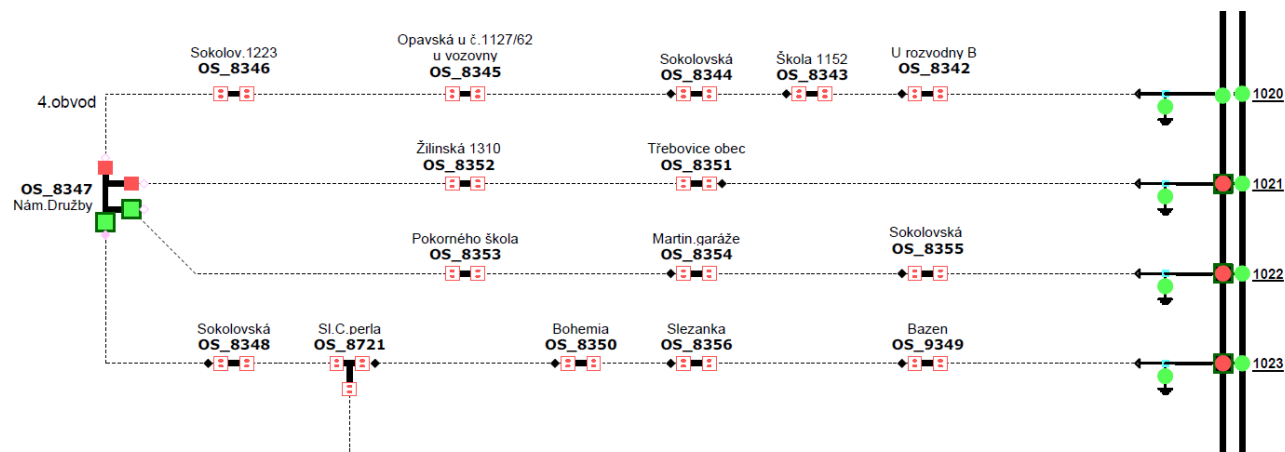
Linka 1023 mezi stanicemi OS_8721 a OS_8348

Výměna kabelů na lince 1020

Postup bude opět analogický. Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_8342. Napájení bude zajištěno z linky 1021. Obrázek 6.7 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.8 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8342 0,5%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1020 až po stanici OS_8347.

Tabulka 6.8 – Proudový v odbočkách při odpojení linky 1020- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1020	475	0
1021	356	64,55
1022	356	23,45
1023	356	67,18



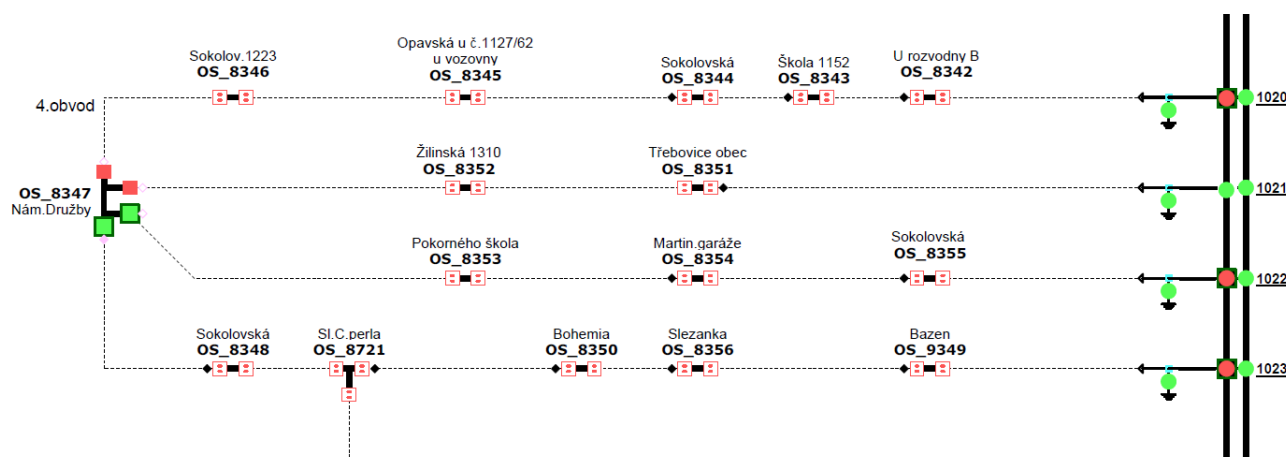
Obrázek 6.7 - Zapojení 4.obvodu při výměně linky 1020

Výměna kabelů na lince 1021

Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_8351. Napájení bude zajištěno z linky 1021. Obrázek 6.8 - Zapojení 4.obvodu při výměně linky 1021 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.9 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8342 0,5%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1021 až po stanici OS_8347.

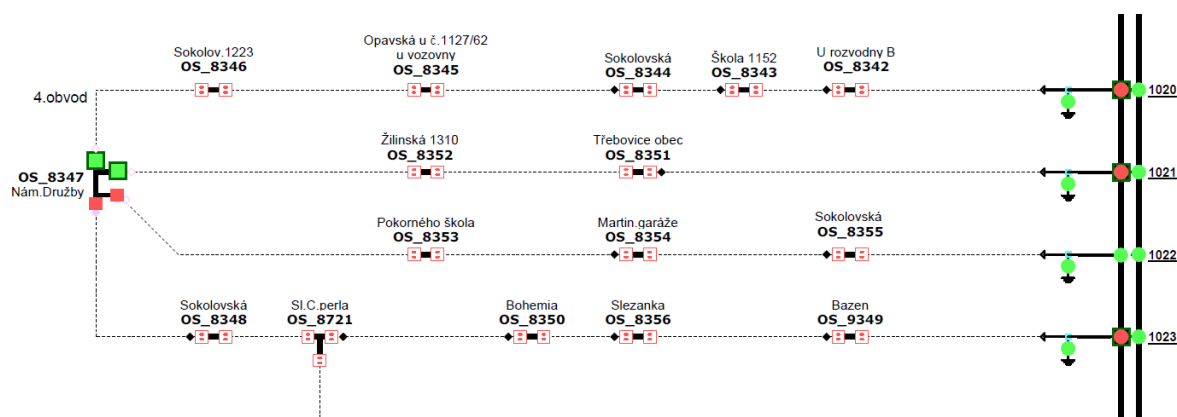
Tabulka 6.9 – Proudů v odbočkách při odpojení linky 1021- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1020	475	64,49
1021	475	0
1022	356	23,45
1023	356	67,18



Obrázek 6.8 - Zapojení 4.obvodu při výměně linky 1021

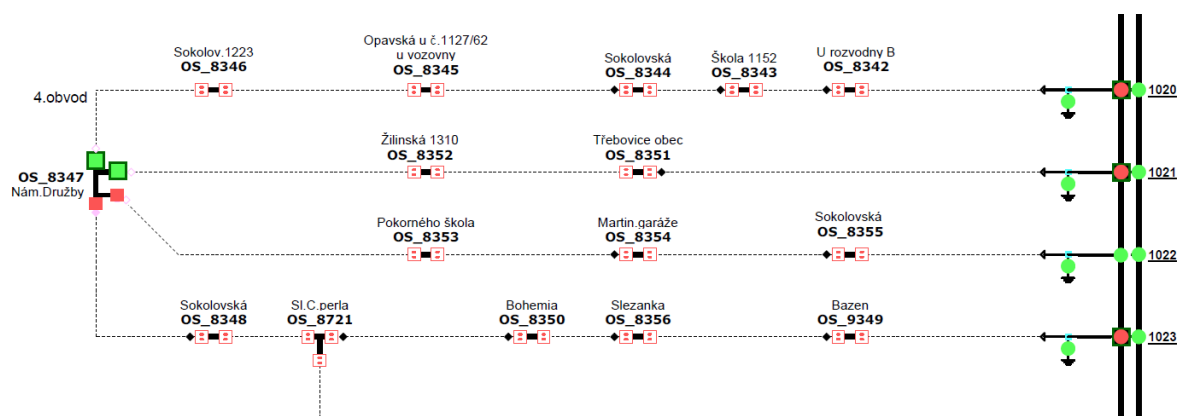
Výměna kabelů na lince 1022



Obrázek 6.9 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.10 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8355 1,0%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpinání jednotlivých úseků vymění celá linka 1022 až po stanici OS_8347.

Tabulka 6.10 – Proudů v odbočkách při odpojení linky 1022- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1020	475	33,95
1021	475	20,1
1022	475	0
1023	356	101,3



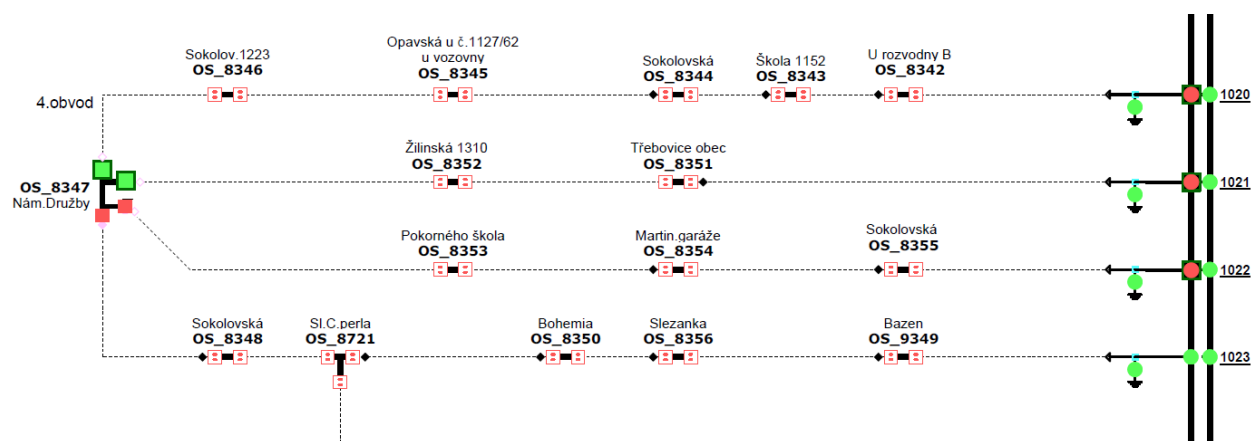
Obrázek 6.9 - Zapojení 4.obvodu při výměně linky 1022

Výměna kabelů na lince 1023

Obrázek 6.10 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.11 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_9349 1,1%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpinání jednotlivých úseků vymění celá linka 1023 až po stanici OS_8347.

Tabulka 6.11 – Proudů v odbočkách při odpojení linky 1023- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1020	475	33,99
1021	475	20,13
1022	475	101,4
1023	475	0



Obrázek 6.10 - Zapojení 4.obvodu při výměně linky 1023

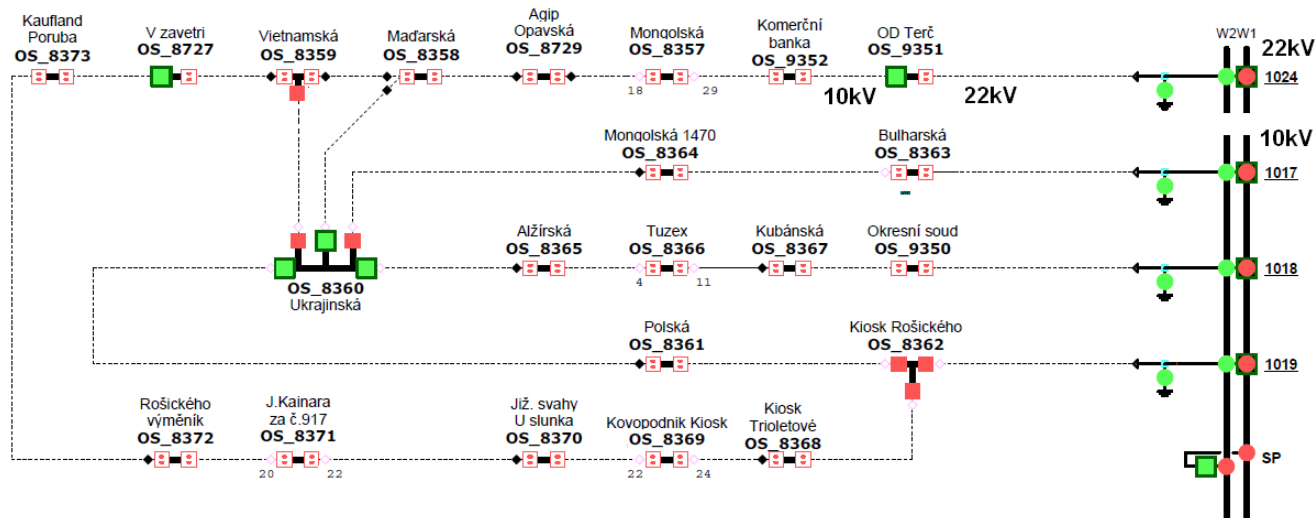
6.1.3 Přechod na 22kV – rekonstrukce rozvodny Poruba B

Když jsou všechny kabelové úseky nahrazeny novými kabely 22kV, můžeme začít s přechodem na tuto napěťovou hladinu. Stávající stav je takový, že 10kV část rozvodny Poruba B je napájena ze stanice Martinov, 22kV část je napájena ze stanice Třebovice. Po unifikaci Poruby B bude veškerý výkon přiváděn pouze z Třebovic. Následně přibude 22kV linka spojující Porubu B s Novou Porubou. Ta ještě v současné době není vybudována.

Protože vypínače a odpojovače v rozvodně byly vyměněny při výměně kabelů a protože rozvodna Poruba B již pracuje částečně na hladině 22kV, lze jednoduchou změnou zapojení přípojníc v rozvodně přivést na vývody odboček napětí 22kV. Rozvodna Poruba B je kobková a není tedy problém měnit uspořádání odboček. Protože nemám k dispozici konkrétní stavební plány rozvodny, budu se v rámci diplomové práce zabývat pouze elektrickým uspořádáním, nikoli fyzickým.

Kromě změny vnitřního zapojení rozvodny je také potřeba vyměnit transformátory a rozvaděče VN ve všech stanicích DTS. Postup bude takový, že se vždy odpojí DTS nejbližší rozvodně na dobu nezbytně nutnou k výměně transformátoru a spínacích prvků. Zbytek větve bude napájen ze sousední odbočky, stejně jako tomu bylo během výměny kabelů. Pak zůstane ze strany sítě odpojená a ze strany rozvodny

se k ní připne již napětí 22kV. Obrázek 6.11 ukazuje konfiguraci sítě v tomto kroku. Poté se provede výměna vybavení sousední DTS a tímto způsobem se provede výměna celé linky.



Obrázek 6.11 – Konfigurace sítě při přechodu stanice OS_9351 na 22kV

6.1.4 Výměna kabelů v oblasti Martinov– 6. Obvod

6. obvod sítě Martinov je napájen ze dvou odboček. Tabulka 6.12– Stávající parametry vývodů 6. obvodu – hodnoty ze zimního měření udává průřezy stávajících kabelů a jejich maximální proudové zatížení. Hodnota I_z udává hodnotu proudu při zimním měření ve špičce v lednu 2012. Z tabulky lze vidět, že přenosová schopnost kabelů umožňuje takovou konfiguraci sítě, kdy jedna odbočka převezme kompletní zátěž odbočky sousední. Nebude tedy problém vždy při výměně úseku kabelového vedení napájet příslušné DTS ze sousední odbočky.

Tabulka 6.12– Stávající parametry vývodů 6. obvodu – hodnoty ze zimního měření

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1014	240	437	45,6
1015	240	437	51,04

Z materiálů společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem ověřil, které úseky vedení jsou vedeny souběžně. Zejména se jedná o počáteční úseky každé větve, které ústí z rozvodny společně. Jakmile tedy dojde k výkopu v tomto úseku, musí se postupně vyměnit všechny.

V 6. obvodu Martinova jsou společně vedeny tyto úseky:

Linka 1014 až po stanici OS_9354

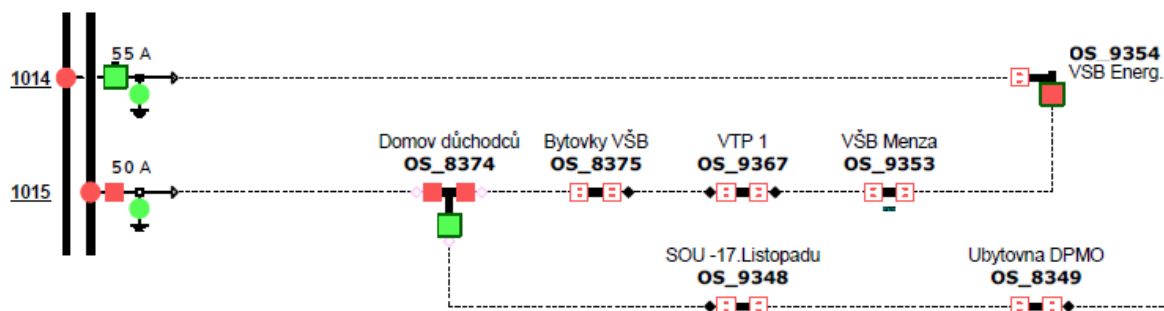
Linka 1015 až po stanici OS_8374

Výměna kabelů na lince 1014

Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_9354. Napájení bude zajištěno z linky 1015. Obrázek 6.12 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.12 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_9354 0,9%, tedy v normě.

Tabulka 6.13 – Proudů v odbočkách při odpojení linky 1014- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1014	437	0
1015	437	97,11



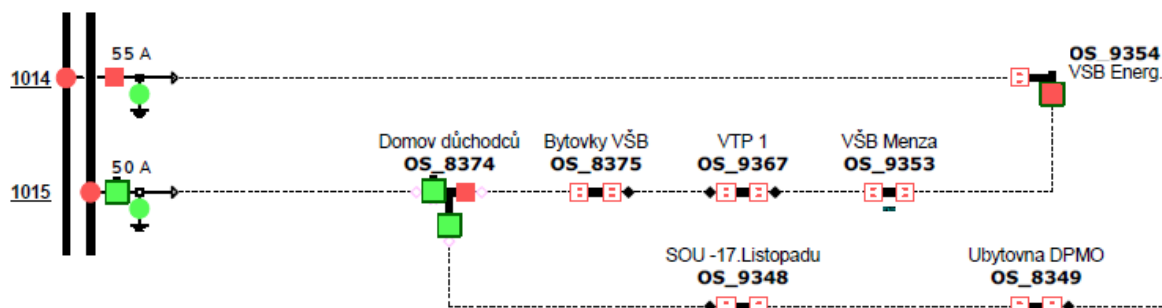
Obrázek 6.12 – Zapojení 6.obvodu při výměně linky 1014

Výměna kabelů na lince 1015

Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_8374. Napájení bude zajištěno z linky 1014. Obrázek 6.13 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.14 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8374 0,5%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1015 až po stanici OS_9354.

Tabulka 6.14 – Proudý v odbočkách při odpojení linky 1015- vypočteno pomocí modelu

Linka	I_{dov} [A]	I_z [A]
1014	437	97,11
1015	437	0



Obrázek 6.13– Zapojení 6.obvodu při výměně linky 1015

6.1.5 Výměna kabelů v oblasti Martinov– 7. Obvod

7. obvod sítě Martinov je napájen ze čtyř odboček. Tabulka 6.15 udává průřezy stávajících kabelů a jejich maximální proudové zatížení. Hodnota I_z udává hodnotu proudu při zimním měření ve špičce v lednu 2012. Z tabulky lze vidět, že přenosová schopnost kabelů umožňuje takovou konfiguraci sítě, kdy jedna odbočka převezme kompletní zátěž odbočky sousední. Nebude tedy problém vždy při výměně úseku kabelového vedení napájet příslušné DTS ze sousední odbočky.

Tabulka 6.15– Stávající parametry vývodů 7. obvodu – hodnoty ze zimního měření

	S [mm ²]	I_{dov} [A]	I_z [A]
1008	240	437	38,46
1009	240	437	34,34
1010	240	437	14,72
1011	240	437	31,74

Z materiálů společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem ověřil, které úseky vedení jsou vedeny souběžně. Zejména se jedná o počáteční úseky každé větve, které ústí z rozvodny společně. Jakmile tedy dojde k výkopu v tomto úseku, musí se postupně vyměnit všechny.

V 7. obvodu Martinova jsou společně vedeny tyto úseky:

Linka 1008 až po stanici OS_8423

Linka 1009 až po stanici OS_8388

Linka 1010 až po stanici OS_8392

Linka 1011 až po stanici OS_8387

Dále:

Linka 1008 mezi stanicemi OS_8377 a OS_8362

Linka 1009 mezi stanicemi OS_8389 a OS_8381

Linka 1010 mezi stanicemi OS_8392 a OS_8383

Linka 1011 mezi stanicemi OS_8385 a OS_8386

Dále:

Linka 1008 mezi stanicemi OS_8382 a OS_8383

Linka 1009 mezi stanicemi OS_8391 a OS_8383

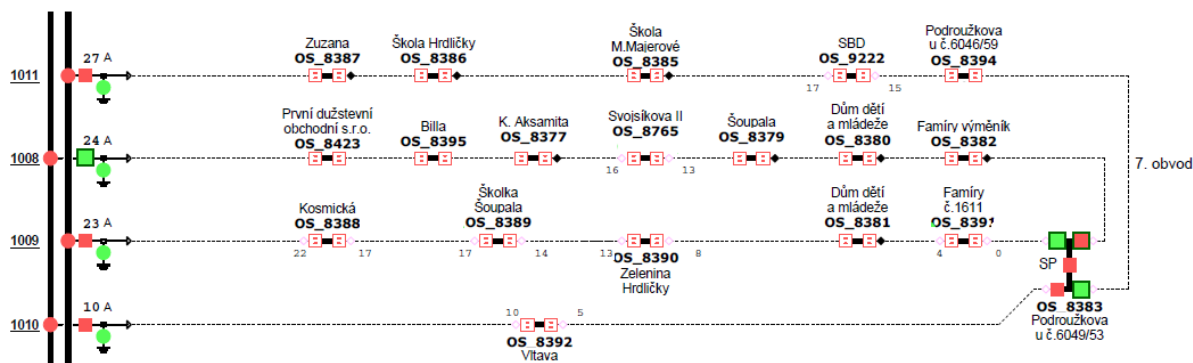
Linka 1011 mezi stanicemi OS_8394 a OS_8383

Výměna kabelů na lince 1008

Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_8423. Napájení bude zajištěno z linky 1010. Obrázek 6.14 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.16 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8423 0,5%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1008 až po stanici OS_8383.

Tabulka 6.16– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1008- vypočteno pomocí modelu

	S [mm²]	I_{dov} [A]	I_z [A]
1008	240	437	0
1009	240	437	49,15
1010	240	437	53,27
1011	240	437	31,74



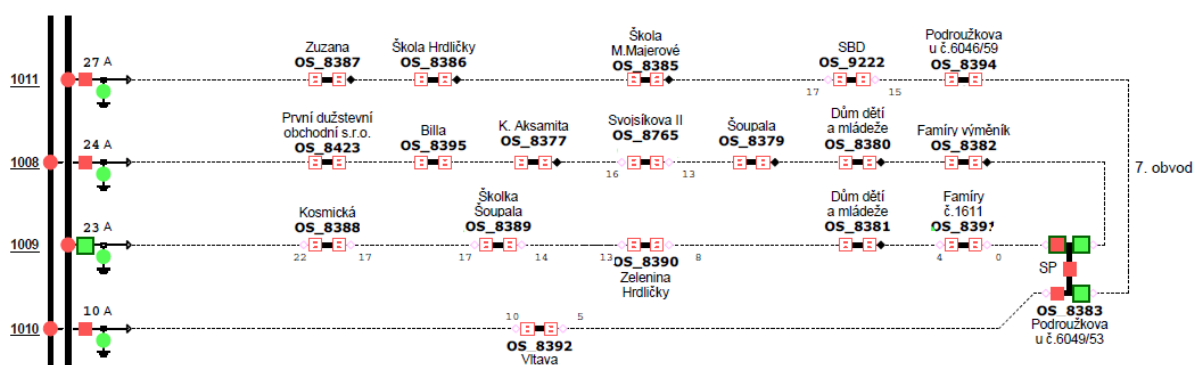
Obrázek 6.14– Zapojení 7.obvodu při výměně linky 1008

Výměna kabelů na lince 1009

Nejprve se vymění kabely v úseku mezi rozvodnou a stanicí OS_8388. Napájení bude zajištěno z linky 1010. Obrázek 6.15 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.17 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8388 0,2%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1009 až po stanici OS_8383.

Tabulka 6.17– Proudů v odbočkách při odpojení linky 1009- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1008	240	437	38,46
1009	240	437	0
1010	240	437	46,43
1011	240	437	31,74



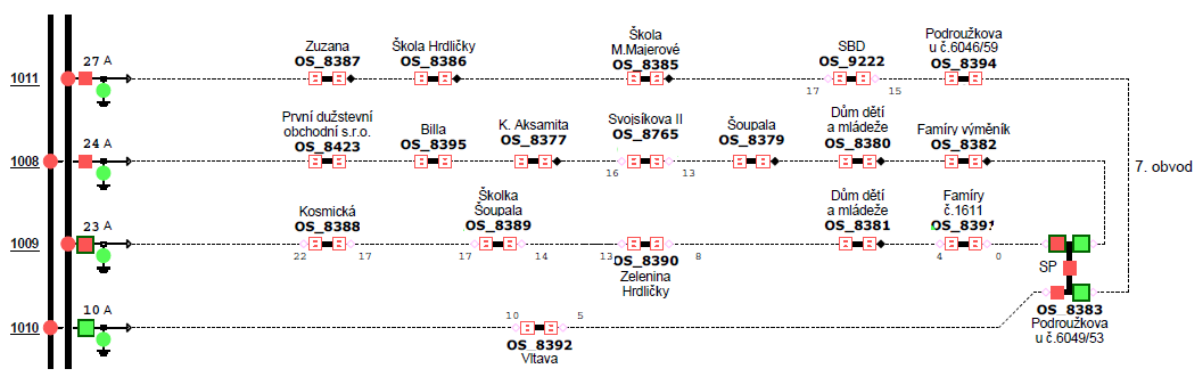
Obrázek 6.15– Zapojení 7.obvodu při výměně linky 1009

Výměna kabelů na lince 1010

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_8392. Napájení bude zajištěno z linky 1009. Obrázek 6.16 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.18 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8392 0,3%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1010 až po stanici OS_8383.

Tabulka 6.18– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1010- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1008	240	437	38,46
1009	240	437	49,15
1010	240	437	0
1011	240	437	31,74



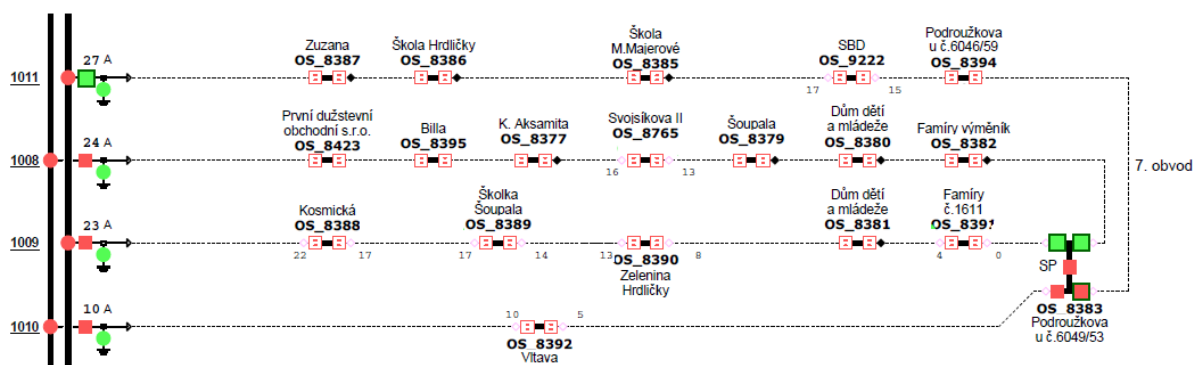
Obrázek 6.16– Zapojení 7.obvodu při výměně linky 1010

Výměna kabelů na lince 1011

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_8387. Napájení bude zajištěno z linky 1010. Obrázek 6.17 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.19 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8387 0,2%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1011 až po stanici OS_8383.

Tabulka 6.19– Proudý v odbočkách při odpojení linky 101I- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1008	240	437	38,46
1009	240	437	34,34
1010	240	437	46,43
1011	240	437	0



Obrázek 6.17– Zapojení 7.obvodu při výměně linky 1011

6.1.6 Výměna kabelů v oblasti Martinov– 8. Obvod

8. obvod sítě Martinov je napájen ze čtyř odboček. Tabulka 6.20 udává průřezy stávajících kabelů a jejich maximální proudové zatížení. Hodnota I_z udává hodnotu proudu při zimním měření ve špičce v lednu 2012. Z tabulky lze vidět, že přenosová schopnost kabelů umožňuje takovou konfiguraci sítě, kdy jedna odbočka převezme kompletní zátěž odbočky sousední. Nebude tedy problém vždy při výměně úseku kabelového vedení napájet příslušné DTS ze sousední odbočky.

Tabulka 6.20– Stávající parametry vývodů 8.obvodu – hodnoty ze zimního měření

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1005	240	437	47,36
1006	240	437	31,25
1007	240	437	35,31
1016	240	437	32,28

Z materiálů společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jsem ověřil, které úseky vedení jsou vedeny souběžně. Zejména se jedná o počáteční úseky každé větve, které ústí z rozvodny společně. Jakmile tedy dojde k výkopu v tomto úseku, musí se postupně vyměnit všechny.

V 8. obvodu Martinova jsou společně vedeny tyto úseky:

Linka 1005 až po stanici OS_8412

Linka 1006 až po stanici OS_9033

Linka 1007 až po stanici OS_8411

Linka 1016 až po stanici OS_8420

Dále:

Linka 1006 mezi stanicemi OS_8408 a OS_8417

Linka 1007 mezi stanicemi OS_8405 a OS_8402

Linka 1016 mezi stanicemi OS_8401 a OS_8402

Dále:

Linka 1006 mezi stanicemi OS_9033 a OS_8410

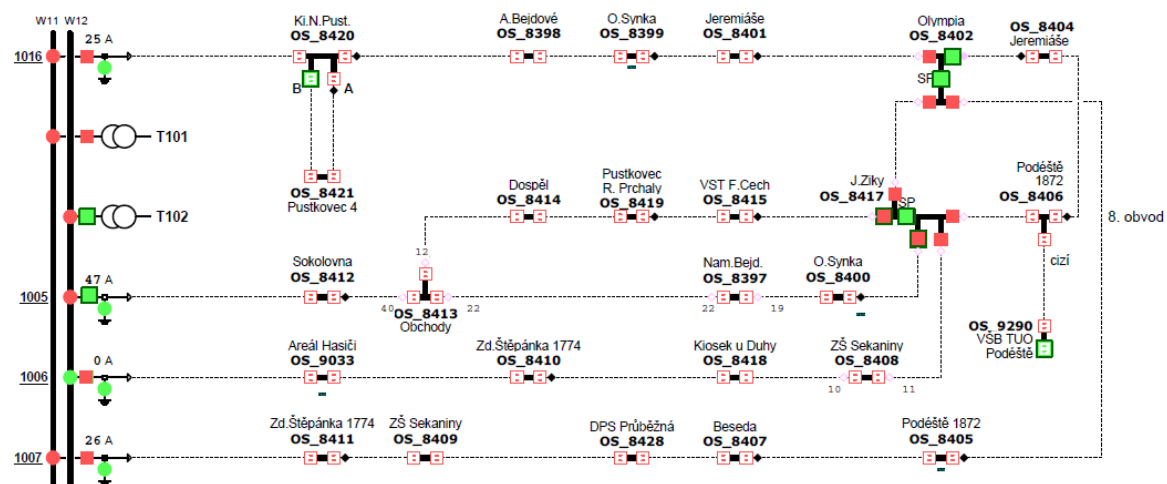
Linka 1007 mezi stanicemi OS_8411 a OS_8409

Výměna kabelů na lince 1005

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_8412. Napájení bude zajištěno z linky 1007. Obrázek 6.18 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.21 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8412 1,2%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1005 až po stanici OS_8417.

Tabulka 6.21– Proudů v odbočkách při odpojení linky 1005- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _x [A]
1005	240	437	0
1006	240	437	31,25
1007	240	437	90,98
1016	240	437	32,28



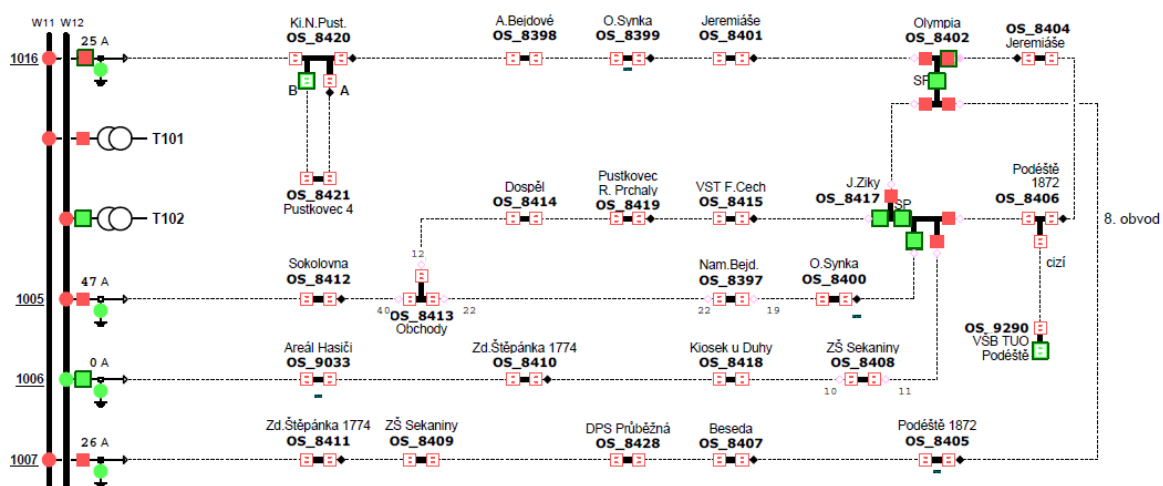
Obrázek 6.18– Zapojení 8.obvodu při výměně linky 1005

Výměna kabelů na lince 1006

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_9033. Napájení bude zajištěno z linky 1016. Obrázek 6.19 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.22 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_9033 0,9%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1006 až po stanici OS_8417.

Tabulka 6.22– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1006- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1005	240	437	47,36
1006	240	437	0
1007	240	437	35,31
1016	240	437	66.84



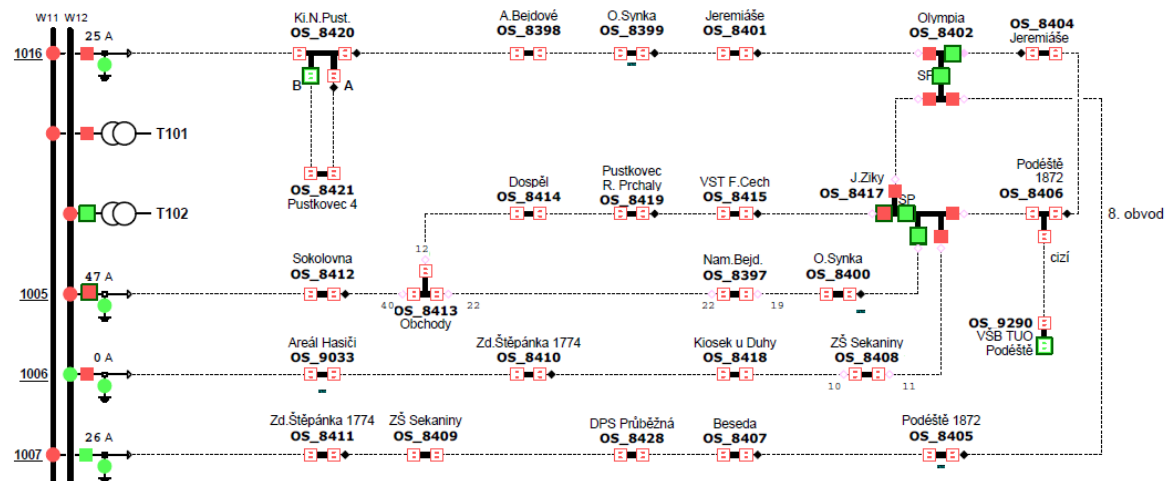
Obrázek 6.19– Zapojení 8.obvodu při výměně linky 1006

Výměna kabelů na lince 1007

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_8411. Napájení bude zajištěno z linky 1005. Obrázek 6.20 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.23 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8411 0,9%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1007 až po stanici OS_8402.

Tabulka 6.23– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1007- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1005	240	437	90,79
1006	240	437	31,25
1007	240	437	0
1016	240	437	32,28



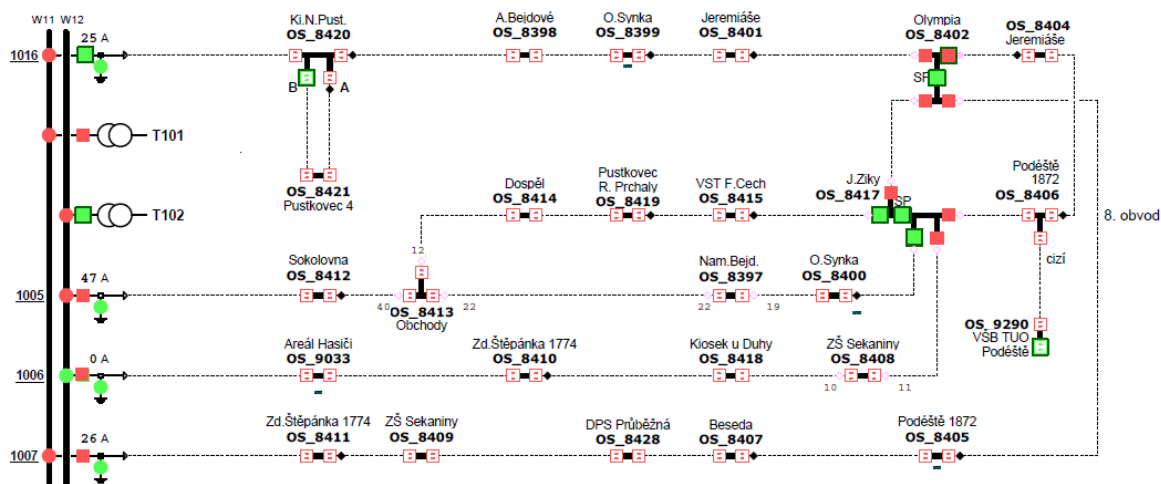
Obrázek 6.20– Zapojení 8.obvodu při výměně linky 1007

Výměna kabelů na lince 1016

Nejprve se vymění kabely úsek mezi rozvodnou a stanicí OS_8420. Napájení bude zajištěno z linky 1006. Obrázek 6.21– Zapojení 8.obvodu při výměně linky 1016 ukazuje konfiguraci sítě. Tabulka 6.24 ukazuje proudy odbočkami při nejhorším případě. Relativní úbytek napětí určený z modelu sítě je ve stanici OS_8420 0,9%, tedy v normě. Dále se za pomoci postupného odpínání jednotlivých úseků vymění celá linka 1016 až po stanici OS_8402.

Tabulka 6.24– Proudý v odbočkách při odpojení linky 1016- vypočteno pomocí modelu

	S [mm ²]	I _{dov} [A]	I _z [A]
1005	240	437	47,36
1006	240	437	66,83
1007	240	437	35,31
1016	240	437	0



Obrázek 6.21– Zapojení 8.obvodu při výměně linky 1016

6.1.7 Přechod na 22kV – rekonstrukce rozvodny Martinov

Po dokončení výměny kabelových úseků je možné začít s výměnou technologického vybavení v napájecí rozvodně. Rozvodna Martinov je provedena jako skříňová s podélným dělením přípojníc. Stávajícím zdrojem napětí je dvojice transformátorů 110/10 KV, 25MVA. V provozu je pouze jeden, druhý je použit jako záloha. Protože rozvodna Martinov bude rekonstruována až po dokončení přechodu Poruby B na 22kV, lze využít spojovacích linek mezi oběma rozvodnami k dočasnému napájení již zrekonstruovaných úseků. Protože nemám k dispozici kompletní podklady fyzického uspořádání rozvodny Martinov, budu se zabývat pouze elektrickým uspořádáním, nikoli stavebním.

Postup bude obdobný, jako u rekonstrukce rozvodny Poruba B. Odpojí se DTS nejbližší rozvodně. Vymění se v ní transformátor a rozvaděč VN. Následně se na ni ze strany rozvodny připne již napětí 22kV. Zbytek větve bude napájen ze sousední linky. Takto se postupně vymění celá linka. Pro napájení hladiny 22kV se pro rekonstrukci 6. a 7. obvodu použijí spojovací linky mezi Martinovem a Porubou B. Před započítím rekonstrukce 8. obvodu bude z hlediska zatížení těchto linek výhodnější vyměnit jeden ze transformátorů v rozvodně Martinov za nový 110/22kV. Tímto transformátorem se pak bude napájet zrekonstruovaná část rozvodny. Původní 10kV část bude napájena stávajícím transformátorem 110/10kV. Tím dojde k odlehčení spojovacích linek. Následně bude stejným způsobem zrekonstruován 8. obvod a vyměněn i druhý transformátor. Tím bude unifikace oblasti Martinov na hladinu 22kV dokončena.

7 URČENÍ NÁKLADŮ NA REKONSTRUKCI

Pro rekonstrukci sítě popsanou v předchozí kapitole jsem provedl přibližné určení investičních nákladů. Původní záměr byl vyčíslit dobu návratnosti investice do rekonstrukce sítě. Ovšem pro takový výpočet jsem neměl k dispozici dostatek podkladů. Proto bylo se zadavatelem dohodnuto, že práce bude obsahovat pouze vyčíslení přímých investičních nákladů.

Délky úseků vedení, instalované výkony DTS a další parametry sítě jsem určil pomocí modelu sítě a materiálů z ČEZ Distribuce a.s. Dále mi byl poskytnut interní ceník pro určování nákladů na výstavbu sítě, z nějž jsem použil jednotkové ceny jednotlivých položek.

7.1 Poruba B

Rozvodna Poruba B je provedena jako kobková s dvojitým systémem přípojníc. Je to pouze spínací stanice, neobsahuje tedy transformátor. Distribuční transformátorové stanice jsou rozmístěny v husté městské zástavbě, proto byla pro výpočty nákladů použita cena kabelů pro centrum města. Tabulka 7.1 - Přehled investičních nákladů pro rekonstrukci sítě Poruba B ukazuje přehled investičních nákladů pro rekonstrukci této části sítě.

Tabulka 7.1 - Přehled investičních nákladů pro rekonstrukci sítě Poruba B

Výměna kabelů	Jednotka	Množství	Cena za jednotku [Kč/jedn.]	Celková cena [Kč]
1x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	18,47	2 936 502	54 237 192
2x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	1,25	3 704 622	4 630 778
3x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	0,4	4 472 742	1 789 097
4x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	1,1	5 240 862	5 764 948
Zádlážba, chodník pro 1x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	6,2	772 850	4 758 180
Zádlážba, chodník pro 2x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,4	958 375	399 323
Zádlážba, chodník pro 3x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,1	1 143 900	152 520
Zádlážba, chodník pro 4x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,4	1 329 425	487 456
Rekonstrukce DTS				
Transformátor 22/0,4kV 400MVA	ks	42	288 000	12 096 000
Transformátor 22/0,4kV 630MVA	ks	5	354 000	1 770 000
Kompaktní rozváděč VN 3 pole (22 kV)	ks	38	221 000	8 398 000
Kompaktní rozváděč VN 4 pole (22 kV)	ks	4	307 000	1 228 000
Kompaktní rozváděč VN 5 polí 22kV	ks	2	359 000	718 000
Rekonstrukce rozvodny				
Kobka vývodové odbočky	ks	14	700 000	9 800 000
Kobka příčného nebo podélného spínače přípojníc	ks	1	580 000	580 000

Celkem: 106 809 493 Kč

7.2 Martinov

Rozvodna Martinov je provedena jako skříňová s jednoduchým, podélně děleným systémem přípojníc. Obsahuje také dva transformátory 110/10kV, které budou v rámci rekonstrukce nahrazeny transformátory 110/22kV. Distribuční transformátorové stanice jsou rozmístěny v husté městské zástavbě, proto byla pro výpočty nákladů použita cena kabelů pro centrum města. Tabulka 7.2 ukazuje přehled investičních nákladů pro rekonstrukci této části sítě.

Tabulka 7.2- Přehled investičních nákladů pro rekonstrukci sítě Martinov

Výměna kabelů	Jednotka	Množství	Cena za jednotku [Kč/jedn.]	Celková cena [Kč]
1x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	29,7	2 936 502	87 214 109
2x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	1,35	3 704 622	5 001 240
3x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	1,6	4 472 742	7 156 387
4x 22 AXEKVCE do 240 mm ² - centrum:kabel vč.z.prací,koncovky,spojky,skládky,zábor,bez zádlážby	km	2,1	5 240 862	11 005 810
Zádlážba, chodník pro 1x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	9,9	772 850	7 651 215
Zádlážba, chodník pro 2x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,45	958 375	431 269
Zádlážba, chodník pro 3x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,5	1 143 900	610 080
Zádlážba, chodník pro 4x kabel VN, rozebrání a uvedení zádlážby do původního stavu	km	0,7	1 329 425	930 598
Rekonstrukce DTS				
Transformátor 22/0,4kV 250MVA	ks	1	280 000	280 000
Transformátor 22/0,4kV 400MVA	ks	54	288 000	15 552 000
Transformátor 22/0,4kV 630MVA	ks	7	354 000	2 478 000
Kompaktní rozváděč VN 3 pole (22 kV)	ks	54	221 000	11 934 000
Kompaktní rozváděč VN 4 pole (22 kV)	ks	4	307 000	1 228 000
Kompaktní rozváděč VN 5 polí 22kV	ks	4	359 000	1 436 000
Rekonstrukce rozvodny				
Transformátor 110/22KV 40 MVA	ks	2	20 000 000	40 000 000
Zhášecí tlumivka 22 kV / 5000 kVAr	ks	2	1 810 000	3 620 000
Skříň vývodové odbočky	ks	19	580 000	11 020 000
Skříň přívodu z transformátoru VVN/VN	ks	2	700 000	1 400 000
Skříň podélného spínače přípojníc	ks	1	2 000 000	2 000 000

Celkem: 210 948 708 Kč

8 SROVNÁNÍ POMĚRŮ V SÍTI PŘED A PO REKONSTRUKCI

Zvýšením hladiny napětí v sítích Poruba B a Martinov dojde k významným změnám poměrů v síti. Při stejném přenášeném výkonu a vyšším napětí budou po rekonstrukci nižší proudy v jednotlivých linkách. To je pozitivní jednak z důvodu nižších joulových ztrát a jednak z důvodu navýšení přenosové schopnosti linek. Kromě ztrát ve vedení dojde také ke snížení ztrát ve vinutích transformátorů. A v neposlední řadě budou po rekonstrukci i nižší úbytky napětí na vedení.

8.1 Srovnání proudového zatížení vývodů

Tabulka 8.1 a Tabulka 8.2 ukazují proudové zatížení kmenových linek, měřené na vývodech z rozvodny. Proud I_{10KV} udává proud před rekonstrukcí (údaj ze zimního měření). Proud I_{22KV} udává proud po rekonstrukci dopočítaný z modelu sítě.

Tabulka 8.1- Proudové zatížení linek rozvodny Martinov před a po rekonstrukci

Kmenová linka	I_{10KV} [A]	I_{22KV} [A]
KM_MARTINOV_V1005	58,42	25,52
KM_MARTINOV_V1006	36,60	16,01
KM_MARTINOV_V1007	37,62	16,43
KM_MARTINOV_V1008	40,45	18,13
KM_MARTINOV_V1009	36,47	15,98
KM_MARTINOV_V1010	15,37	7,04
KM_MARTINOV_V1011	33,22	14,52
KM_MARTINOV_V1014	48,09	21,29
KM_MARTINOV_V1015	53,81	23,68
KM_MARTINOV_V1016	34,28	14,97

Tabulka 8.2- Proudové zatížení linek rozvodny Poruba B před a po rekonstrukci

Kmenová linka	I_{10KV} [A]	I_{22KV} [A]
PORUBA_B10_V1017	21,08	9,1
PORUBA_B10_V1018	26,85	11,59
PORUBA_B10_V1019	41,54	17,93
PORUBA_B10_V1020	34,77	15,09
PORUBA_B10_V1021	31,03	13,5
PORUBA_B10_V1022	24,07	10,4
PORUBA_B10_V1024	56,79	24,8
PORUBA_B10_V2082	68,59	31,14

8.2 Srovnání ztrát ve vedení a v transformátorech

Tabulka 8.3 a Tabulka 8.4 ukazují velikost ztrát ve vedení jednotlivých linek. Sloupec P_{Z10KV} udává ztráty před rekonstrukcí a P_{Z10KV} potom ztráty po rekonstrukci. Oba údaje jsou vypočteny pomocí modelu sítě.

Tabulka 8.3- Ztráty na vedení linek rozvodny Martinov před a po rekonstrukci

Kmenová linka	P_{Z10KV} [kW]	P_{Z22KV} [kW]
KM_MARTINOV_V1005	4,0423	0,7923
KM_MARTINOV_V1006	1,6947	0,3584
KM_MARTINOV_V1007	1,9635	0,4021
KM_MARTINOV_V1008	0,2216	0,0559
KM_MARTINOV_V1009	0,9085	0,1868
KM_MARTINOV_V1010	0,0938	0,0213
KM_MARTINOV_V1011	0,7501	0,1537
KM_MARTINOV_V1014	2,7347	0,5931
KM_MARTINOV_V1015	3,1759	0,676
KM_MARTINOV_V1016	1,5602	0,3071

Tabulka 8.4- Ztráty na vedení linek rozvodny Poruba B před a po rekonstrukci

Kmenová linka	P_{Z10KV} [kW]	P_{Z22KV} [kW]
PORUBA_B10_V1017	0,4111	0,066
PORUBA_B10_V1018	0,5384	0,074
PORUBA_B10_V1019	2,7333	0,3258
PORUBA_B10_V1020	0,4185	0,0792
PORUBA_B10_V1021	0,4919	0,0958
PORUBA_B10_V1022	0,2231	0,0427
PORUBA_B10_V1024	2,3145	0,3801
PORUBA_B10_V2082	3,5316	0,6814

Tabulka 8.5- Ztráty transformátoru Martinov před a po rekonstrukci

Transformátor	P_{ZT10KV} [kW]	P_{ZT22KV} [kW]
M_MARTINOV_T101	79,28	37,56

Tabulka 8.6 - Součet ztrát obou sítí před a po rekonstrukci

	P_{C10KV} [kW]	P_{C22KV} [kW]
Celkové ztráty sítě	128,67	42,85

8.3 Srovnání úbytků napětí

Tabulka 8.7 a Tabulka 8.8 ukazují velikost úbytku napětí v DTS která je zapojena jako nejvzdálenější od rozvodny. Sloupec U_{10KV} udává hodnotu napětí v dané DTS ve stavu před rekonstrukcí. Sloupec $\Delta U_{rel10KV}$ udává hodnotu relativního úbytku napětí před rekonstrukcí. Sloupce U_{22KV} a $\Delta U_{rel22KV}$ pak udávají příslušné hodnoty ve stavu po rekonstrukci.

Tabulka 8.7- Nejvyšší úbytky napětí na vedení linek rozvodny Martinov před a po rekonstrukci

Kmenová linka	DTS	$U_{10KV}[V]$	$\Delta U_{rel10KV}[\%]$	$U_{22KV}[V]$	$\Delta U_{rel22KV}[\%]$
KM_MARTINOV_V1005	M_8415_W1	10,136	0,5	22,103	0,1
KM_MARTINOV_V1006	M_8404_W1	10,152	0,4	22,108	0,1
KM_MARTINOV_V1007	M_8417_W1	10,149	0,4	22,106	0,1
KM_MARTINOV_V1008	M_8377_W1	10,183	0,1	22,12	0,0
KM_MARTINOV_V1009	M_8391_W1	10,168	0,2	22,114	0,0
KM_MARTINOV_V1010	M_8378_W1	10,183	0,1	22,121	0,0
KM_MARTINOV_V1011	M_8394_W1	10,17	0,2	22,115	0,0
KM_MARTINOV_V1014	M_93065_W1	10,15	0,4	22,105	0,1
KM_MARTINOV_V1015	M_93064_W1	10,143	0,5	22,103	0,1
KM_MARTINOV_V1016	M_8402_W1	10,153	0,4	22,108	0,1

Tabulka 8.8- Nejvyšší úbytky napětí na vedení linek rozvodny Poruba B před a po rekonstrukci

Kmenová linka	DTS	$U_{10KV}[V]$	$\Delta U_{rel10KV}[\%]$	$U_{22KV}[V]$	$\Delta U_{rel22KV}[\%]$
PORUBA_B10_V1017	M_8360_W1	10,133	0,1	22,101	0,0
PORUBA_B10_V1018	M_8365_W1	10,131	0,1	22,102	0,0
PORUBA_B10_V1019	M_8373_W1	10,096	0,5	22,094	0,0
PORUBA_B10_V1020	M_8346_W1	10,134	0,1	22,09	0,0
PORUBA_B10_V1021	M_8347_W1	10,133	0,1	22,089	0,1
PORUBA_B10_V1022	M_8353_W1	10,138	0,1	22,091	0,0
PORUBA_B10_V1024	M_8727_W1	10,109	0,4	22,094	0,0
PORUBA_B10_V2082	M_8348_W1	10,103	0,4	22,079	0,1

8.4 Shrnutí srovnání poměrů v síti

Proudové zatížení linek po změně napěťové hladiny a při stejném odebíraném výkonu samozřejmě kleslo přibližně v poměru 10/22. Současně s vyšším průřezem nově položených kabelů se výrazně snížila proudová hustota a s ním i ztráty ve vedení, jak lze vidět v Tabulka 8.3 a Tabulka 8.4. Výměnou transformátorů v rozvodně Martinov také poklesly transformační ztráty. Jednak má moderní

transformátor nižší ztráty naprázdno a jednak jsou při nižším proudu nižší ztráty ve vinutí. Celkové ztráty tedy poklesly o dvě třetiny oproti původnímu stavu. Úbytek napětí se ve výpočetním modelu po unifikaci snížil cca čtyřnásobně. To umožňuje mimo jiné mnohem více možností provozních zapojení sítě při dodržení maximálního povoleného úbytku. Nutno poznamenat, že vypočtené hodnoty se vztahují ke špičkovému zatížení sítě změřeného v lednu 2012.

8.5 Technicko-ekonomické vyhodnocení

Rekonstrukcí rozvodu Martinov a Poruba B včetně kabelových linek a DTS a unifikací hladiny napětí na 22kV lze dosáhnout podstatného zlepšení kvality distribuční sítě. Unifikovaná síť umožňuje snadnější zálohovatelnost a více možností provozních konfigurací, protože odpadá nutnost transformace mezi různými napěťovými hladinami.

Dalším benefitem unifikace je navýšení přenosové kapacity sítě. Z důvodu neustálého rozvoje městské infrastruktury, občanských i průmyslových odběrů je třeba dimenzovat síť tak, aby mohla bez problémů přenášet požadované rostoucí výkony. Kabely 22-AXEKCY 240, které jsou pro rekonstrukci navrženy, mají dostatečnou rezervu proudového zatížení.

Dále dojde zvýšením hladiny napětí k podstatnému snížení provozních ztrát. Jak vyplývá z údajů v předchozí kapitole, ztráty ve vedení a transformátorech poklesnou o 85,82kW. Tedy za rok se ztráty oproti stávajícímu stavu sníží o 751,8MWh.

Celkové investiční náklady činí 317,8milionů Kč. Tato práce se nezabývá přesným vyčíslením doby návratnosti investice, protože by to obnášelo vyčíslit kromě úspor za nižší ztráty také úspory za nižší nedodanou energii vlivem vyšší spolehlivosti a dále nižší náklady na údržbu. Ovšem stávající technické vybavení distribuční sítě je již zastaralé a jeho postupná rekonstrukce v určité míře je nutná. Z tohoto důvodu je výhodné neobnovovat zařízení pro napětí 10kV, ale využít této příležitosti k nasazení modernější technologie 22kV. Z toho důvodu lze unifikaci v popsaném rozsahu jednoznačně doporučit.

9 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval návrhem přechodu distribuční sítě v Ostravě Porubě na jednotnou hladinu napětí 22kV. V úvodní teoretické části jsem popsal rozdělení distribučních sítí z hlediska provedení vodičů, hladiny napětí a topologie zapojení. Dále jsem popsal numerické metody pro výpočet ustáleného stavu sítě.

V další kapitole jsem krátce popsal program Daisy Bizon projektant, který jsem využil pro výpočty elektrických veličin v modelu distribuční sítě. Jsou zde zmíněny základní prvky modelů sítě a způsob zadávání dat pro výpočty.

V následující kapitole jsem analyzoval současný stav distribuční sítě v Ostravě Porubě. Popsal jsem napájecí rozvodny Martinov a Novou Porubu i spínací stanice Poruba A a Poruba B. U všech částí sítě jsem uvedl napětíovou hladinu, odebírané výkony i stavební provedení. V závěru kapitoly jsem uvedl důvody, proč je výhodné rekonstrukcí sítě unifikovat hladinu napětí na 22kV.

Abych mohl navrhnout postup rekonstrukce sítě a ověřit, zda nedojde v některém z prozatímních zapojení k překročení dovolených hodnot proudového zatížení a úbytku napětí, sestavil jsem v programu Bizon projektant model stávajícího stavu sítě. Použil jsem k tomu starší model poskytnutý mi společností ČEZ Distribuce a.s. Aktualizoval jsem jej tak, aby odpovídal současnému stavu. Jako zdroj údajů o odebíraných výkonech jsem použil údaje ze zimního měření z roku 2012, poskytnutých mi rovněž od ČEZ Distribuce a.s.

Dále jsem navrhnul postup výměny technologického vybavení při přechodu na hladinu 22kV. Pomocí modelu sítě jsem pak postupně, krok za krokem pomocí výpočtů ověřoval zda jsou navržené kroky technicky proveditelné s ohledem na proudové zatížení jednotlivých úseků vedení a úbytky napětí v koncových DTS.

V další kapitole jsem pomocí interního ceníku společnosti ČEZ Distribuce a.s. určil přímé investiční náklady rekonstrukce sítě. Z důvodu nedostatku podkladů pro vyčíslení peněžitých úspor vzniklých rekonstrukcí byl zadavatelem požadován pouze přehled nákladů, nikoli kalkulace ekonomické návratnosti.

Následně jsem provedl srovnání proudových a napětíových poměrů a ztrát jak v síti při současném stavu, tak v navržené rekonstruované síti. Zanesením stavu po rekonstrukci do modelu sítě došlo k podstatnému snížení zatížení vedení a s tím spojených ztrát a úbytků napětí.

Poté jsem provedl zhodnocení přínosů rekonstrukce oproti nákladům, které by vyvolala. S ohledem na to, že 10kV síť v dané lokalitě je poměrně stará a vyžaduje přinejmenším částečnou rekonstrukci, jsem jednoznačně doporučil využít této rekonstrukce k přechodu na hladinu napětí 22kV a tím sjednocení hladiny napětí v celé distribuční síti v lokalitě Ostrava Poruba.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Hradílek, Zdeněk. : Elektroenergetika, skripta, 1.vydání VŠB Ostrava 1992, 151s.
- [2] SantariusP. : Elektrické stanice a vedení, skripta, 1.vydání, VŠB Ostrava 1990, 214 s.
- [3] PAS DAISY OFF LINE v.4.3 BIZON - Uživatelská příručka. Prosinec 2006 – verze příručky 1.5. 54s.
- [4] Dokumentace ČEZ Distribuce, a.s.